3 1761 07479044 5

Meyer, Hans H F
Die oberflächenströmungen
der Atlantischen ozeans

GC
271
M4

VERÖFFENTLICHUNGEN DES
INSTITUTS FÜR MEERESKUNDE
AN DER UNIVERSITÄT BERLIN
HERAUSGEGEBEN VOM DIREKTOR ALFRED MERZ
NEUE FOLGE
A. Geographisch-naturwissenschaftliche Reihe. Heft 11

Juni 1923

DIE OBERFLÄCHENSTRÖMUNGEN DES ATLANTISCHEN OZEANS IM FEBRUAR

VON

DR. HANS H. F. MEYER

Mit 5 Abbildungen im Text und 1 Karte

E. S. MITTLER & SOHN, BERLIN SW68, KOCHSTRASSE 68—71

G
M

VERÖFFENTLICHUNGEN DES
INSTITUTS FÜR MEERESKUNDE
AN DER UNIVERSITÄT BERLIN
HERAUSGEGEBEN VOM DIREKTOR ALFRED MERZ
NEUE FOLGE
A. Geographisch-naturwissenschaftliche Reihe. Heft 11

Juni 1923

DIE OBERFLÄCHENSTRÖMUNGEN DES ATLANTISCHEN OZEANS IM FEBRUAR

VON

DR. HANS H. F. MEYER

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY
567013
27.7.53

Mit 5 Abbildungen im Text und 1 Karte

E. S. MITTLER & SOHN, BERLIN SW 68, KOCHSTRASSE 68—71

GC
271
M4

Alle Rechte aus dem Gesetze vom 19. Juni 1901
sowie das Übersetzungsrecht sind vorbehalten.

I. Die Brauchbarkeit der Besteckversetzung.

In der vorliegenden Arbeit, für deren Anregung und stete Förderung der Verfasser Herrn Prof. Dr. A. Merz zu besonderem Dank verpflichtet ist, wird für den Atlantischen Ozean, wie vorher von G. Michaelis (1923)*) für den Indischen Ozean, der Versuch gemacht, die Darstellung der Wasserbewegung an der Oberfläche unmittelbar auf dem Beobachtungsmaterial, den Besteckversetzungen, aufzubauen. Die Möglichkeit hierzu bot die Veröffentlichung des Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut Nr. 110, Oceanographische en Meteorologische Waarnemingen in den Atlantischen Oceaan [1870—1914], Utrecht 1919, dessen Tabellenband in gleicher Weise wie das Tabellenwerk Nr. 104 desselben Instituts für den Indischen Ozean (Oceanographische en Meteorologische Waarnemingen, 1908—15) nach Eingradfeldern aufgerechnet die Zahl der Besteckversetzungen und Stromstillen, die mittlere Richtung in Graden, die geometrische Geschwindigkeit in Sm pro Etmal [= 24 h] und die Beständigkeit in Prozenten enthält.

Da die Besteck- oder Stromversetzung die Hauptgrundlage beider Arbeiten bildet, erscheint es nützlich, eine kurze Betrachtung der Fehlerquellen der Besteckversetzung voranzuschicken. Obwohl gerade in neuester Zeit die Genauigkeit der Navigation und damit auch der Besteckversetzung durch die Anwendung der drahtlosen Zeitsignale, der Kreiselkompasse, der automatischen Schiffssteuerung und der Dreistandlinienmethode (vgl. C. Wolff, 1914) sehr erhöht worden ist, müssen bei der Darlegung in erster Linie die bisher allgemeiner angewandten Methoden und Hilfsmittel der Navigation zugrunde gelegt werden, da auf diesen weitaus die größte Zahl der vorhandenen Besteckversetzungen beruht.

1. Begriff und Fehlerquellen der Besteckversetzung.

Jeder Schiffsführer soll mittags die Schiffsposition auf astronomischem Wege durch Sonnenhöhenbestimmung und Zeitvergleichung ermitteln. Diese Position betrachtet man als die wahre. Die Differenz zwischen der astronomischen Mittagsposition und dem Schiffsort, den man von der letzten astronomischen Position aus mit Hilfe des gesteuerten Kurses und der Schiffsgeschwindigkeit berechnet, wird als Besteckversetzung bezeichnet.

Die Fahrt des Schiffes über Grund ist die Resultante aus der Fahrt durch das Wasser und der Einwirkung der versetzenden Kräfte auf den Schiffskörper. Als allein in Betracht kommende versetzende Kraft wird bei der Rechnung der Oberflächenstrom angesehen. Kennt man die Fahrt über Grund durch astronomische Ortsbestimmungen, die Fahrt durch das Wasser durch die Gissung mit Hilfe des Kompasses und der Geschwindigkeitsmessung, so läßt sich die Richtung und Stärke des Oberflächenstromes als drittes Stück im Stromdreieck daraus ableiten.

Die Brauchbarkeit dieses dritten Stückes für die Bestimmung des Oberflächenstromes hängt davon ab, ob nur der Oberflächenstrom als Ursache der Versetzung in Frage kommt und ob bei der Bestimmung der Besteckversetzung störende Fehler auftreten.

*) Die in Klammern gesetzten Jahreszahlen beziehen sich auf den am Schluß des Heftes befindlichen chronologisch geordneten Schriftennachweis; die auf die Jahreszahl folgenden Zahlen bezeichnen die betreffende Seite der Veröffentlichung.

Zahlreich sind nun die zufälligen und systematischen Fehler, denen die Besteckversetzung unterliegt. Als zufällige Fehler kommen außer falschen Ablesungen am Sextanten, Rechenfehlern und Irrtümern beim Notieren und Ablesen des Chronometers zunächst Kimmfehler (vgl. A. Breusing, 1902, 215; Stromversetzungen und Kimmschwankungen 1913, 634) und Instrumentalfehler bei der Bestimmung der Breite, Fehler im Gang und Stand des Chronometers bei der Bestimmung der Länge in Betracht. Bei der gegißten Ortsbestimmung treten zufällige Fehler der Steuerung (vgl. Lehrbuch der Navigation 1906, 360) und der Geschwindigkeitsmessung auf, so bei der Verwendung des gewöhnlichen Logs durch Längenveränderungen der Logleine (vgl. Lehrbuch der Navigation 1906, 256), bei der Geschwindigkeitsmessung durch Patentlogs durch die Einwirkung des Schraubenwassers, bei der Benutzung der Anzahl der Schraubenumdrehungen pro Zeiteinheit durch Unregelmäßigkeiten im Gang der Maschinen. Da sämtliche Methoden der Geschwindigkeitsmessung auf Stichproben angewiesen sind, ist der Einfluß der Geschwindigkeitsschwankungen nicht zu erfassen. Hinzu kommt, daß die Schiffsversetzung auch durch Wind und Seegang beeinflußt wird und die Schätzung der durch den Wind verursachten Abtrift nach P. Hoffmann (1884, 26) lediglich individuell ist und nach Kapt. Schmehl (1912, 503) mit dem Rückgang der Segelschiffahrt sogar immer weniger berücksichtigt wird.

Systematische Fehler ergeben sich daraus, daß in der Besteckversetzung nur die Resultante aus den im Etmal angetroffenen Strömungen zum Ausdruck kommt. Daher fällt auch die Stromstärke bei wechselnder Stromrichtung im Etmal zu gering aus, da nur die Komponente der Geschwindigkeit in der Richtung des resultierenden Stromes in die Erscheinung tritt. Weitere systematische Fehler entstehen durch die Art der Berechnung der Besteckversetzung, durch das Zusammenfassen der Kursdreiecke zu einem Gesamtdreieck und durch die Verwendung der einfachen statt der verbesserten Mittelbreite (vgl. F. Bolte, 1905, 45). Von den Fehlern durch unvorschriftsmäßige Journalführung sei hier abgesehen (vgl. Über die Berechnung von Besteckvers. 1904, 145). Das Handhaben des Ruders verlängert je nach der Geschicklichkeit des Mannes am Ruder den Schiffsweg über Grund gegenüber dem gradlinigen Kurs. Fehler in den Mißweisungskarten, wie sie die erdmagnetischen Arbeiten der Schiffe „Galilee“ und „Carnegie“ nachgewiesen haben (vgl. L. A. Bauer 1911 und 1917; Errors of Magnetic Variation 1911; Burath 1910, 614; E. Kuhlbrodt 1921, 19), Abtrift nach einer bestimmten Richtung in Gebieten mit konstanter Windrichtung, die Verschiedenheit in der Festsetzung der Knotenlänge der Logleine bei den einzelnen Marinen (vgl. P. Hoffmann 1884, 25; F. Bolte 1905, 7; Lehrbuch der Navigation 1906, 255), die Beeinträchtigung der Richtigkeit der Angaben der Fahrttabelle durch das Freikommen der Schiffsschraube bei gröberer See und durch Schiffsbodenbewachsung (vgl. Zunahme des Schiffswiderstandes 1922, 890) sind weitere Quellen für das Auftreten systematischer Fehler.

Es ist schwierig, sich einen Begriff von der Wirkung dieser zahlreichen Fehlerquellen zu machen, da sie nicht nur unter sonst gleichen Umständen für jedes Schiff verschieden sind, sondern auch für dasselbe Schiff von Etmal zu Etmal sehr erheblich und für den fremden Bearbeiter unkontrollierbar schwanken, ganz abgesehen davon, daß für einzelne Fehler nicht einmal die Größenordnung bekannt ist. In den nautischen Lehr- und Handbüchern (z. B. A. Breusing 1902; F. Bolte 1905; Lehrbuch der Navigation 1906; Lehrbuch für den Unterricht, 1917) finden sich allerdings Angaben über die Größenordnung der einzelnen Fehler. Jedoch handelt es sich um Schätzungen,

die Maximalwerte mit Sicherheitskoeffizienten darstellen und nur unter ungünstigen Umständen erreicht werden, ganz abgesehen davon, daß die Fehler sich zum großen Teil gegenseitig aufheben. So gibt z. B. A. Breusing allein als Unsicherheit der Steuerung bei einer Fahrt von 10 Sm pro Stunde für einen Segler 24 Sm im Etmal an, als Fehler durch Ungenauigkeiten der Logapparate für einen Dampfer ebenfalls 24 Sm. Aus dem Material ist aber festzustellen, daß große Besteckversetzungen im allgemeinen auf ganz bestimmte Gebiete beschränkt sind und schon Versetzungen von 20 Sm in den übrigen Gebieten verhältnismäßig spärlich auftreten. Daraus ergibt sich, daß der Gesamtfehler kleiner ist als die Maximalangaben für einzelne Fehler in der Literatur. Es möge darum angeregt werden, daß in nautischen Kreisen der Versuch unternommen wird, die Fehler bereits bei der Berechnung der Besteckversetzungen zu berücksichtigen, also nicht nur die Differenz zwischen dem astronomischen und gegißten Schiffsort anzugeben, sondern die Gesamtversetzung schon durch den Schiffsführer auf die einzelnen Fehlerquellen aufzuteilen, da er allein die im Einzelfall in Betracht kommenden Fehlergrößen beurteilen kann. Durch Eintragen solcher einwandfreien Stromversetzungen in synchrone Karten ließe sich vielleicht in die Strömungsverhältnisse von Gebieten mit schwachem Strom ein besserer Einblick gewinnen als durch die Bearbeitung von Mittelwerten aus selbst sehr vielen Beobachtungen. Ein solches Verfahren empfiehlt sich um so mehr, als die Möglichkeit nicht abzuweisen ist, daß die über den Nordatlantischen Ozean ziehenden Luftwirbel auch wandernde Wasserwirbel hervorrufen könnten, die auf dem Wege der Mittelbildung nicht aufzufinden sind.

Da auf das gegenwärtig verfügbare Material demnach eine eingehende Fehlerrechnung nicht anwendbar ist, muß ein anderer Weg gesucht werden, ein Urteil über seine Brauchbarkeit zu erhalten. Einen wichtigen Fingerzeig bietet in dieser Richtung die Betrachtung einer Karte von Einzelbesteckversetzungen (siehe Meteorological Charts 1882; Waarnemingen in den Indischen Oceaan, 1893; Atlas der Meeresströmungen 1913; J. C. Soley 1911, a. u. b.). Sie lehrt, daß die Besteckversetzungen in den Gebieten schwachen Stroms meist wirr durcheinander laufen. Darum führt die Ermittlung der Meeresströmungen mit Hilfe von Einzelbesteckversetzungen in solchen Gebieten zu keinem rechten Resultat, wie die Erfahrungen von G. Schott (1891, 3), H. Thorade (1909, 22) und B. Schulz (1911, 181) zeigen. Daß nicht die Veränderlichkeit der Meeresströmungen, sondern Fehler der Besteckversetzung als Ursache anzusehen sind, beweist die Feststellung von L. E. Dinklage (1895, 439), daß auch aus synchronen Einzelversetzungen ein sinngemäßes Strombild nicht zu gewinnen ist und daß unmittelbar benachbarte Felder durchaus abweichende Richtungen aufweisen. Ein ähnliches Ergebnis zeigen die von der Deutschen Seewarte entworfenen Karten des Golfstromes vom 10. Mai bis 10. Juni 1904 (Golfstrom 1905, 314), obwohl die Zeitintervalle bei den einzelnen Karten nur zwei bis vier Tage betragen.

Wesentlich anders verhalten sich die Gebiete starken Stromes. Hier zeigen die Besteckversetzungen eine untereinander einigermaßen übereinstimmende Richtung. So konnte C. Puls (1895) aus Einzelbesteckversetzungen ein Strombild für die Äquatorialgegend des Stillen Ozeans gewinnen. Für Gebiete schwachen Stroms gelingt es dann, die Strömungen mit hinreichender Sicherheit abzuleiten, wenn mit Hilfe des Koppelverfahrens gewonnene Mittelwerte aus zahlreichen Besteckversetzungen zugrunde gelegt werden. Hieraus ist zu schließen, daß die Fehler in Gebieten starken Stroms bereits in der Einzelversetzung, in Gebieten schwachen Stroms erst im Mittel aus vielen

Beobachtungen durch gegenseitiges Aufheben eine bedeutende Einschränkung erfahren.

Auf Grund dieser Tatsachen wurde eine indirekte Methode, nämlich die Untersuchung der Beständigkeit, eingeschlagen, um zu einer Abschätzung der Brauchbarkeit von aufgekoppelten Besteckversetzungen zu gelangen.

2. Untersuchung der Beständigkeit.

Der Begriff der Stabilität oder der Beständigkeit der Meeresströmungen ist rechnerisch zuerst durch das Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut im Guineastromwerk (Observations Océanographiques, 1904) in die Meereskunde eingeführt worden. Seitdem sind in dem Tabellenwerk desselben Institutes über den Indischen Ozean (Oceanographische en Meteorologische Waarnemingen, 1908—15) und über den Atlantischen Ozean (Oceanographische en Meteorologische Waarnemingen, 1919) für weite Gebiete die Werte der Beständigkeit nach Eingradfeldern mitgeteilt. A. Gadewohl (1913, 177) hat eine Berechnung dieser Größen für Fünfgradfelder des Nordatlantischen Ozeans südlich 50° N für den Herbst unter Benutzung der Quadratarbeit der Deutschen Seewarte (Resultate Meteorologischer Beobachtungen, 1880) ausgeführt, J. Janke (1920) für das Gebiet an der südwestafrikanischen Küste nördlich von 20° S und den Golf von Guinea für alle 12 Monate.

Die Beständigkeit wird als das in Prozenten ausgedrückte Verhältnis zwischen der geometrischen oder vektoriellen Geschwindigkeit Cg und der arithmetischen Geschwindigkeit Ca definiert. Es ist also $B = 100 \cdot Cg : Ca$. Das Verhältnis $100 \cdot Cg : Ca$ gibt auch über die Einheitlichkeit der Richtung Auskunft. Denn da die vektorielle Geschwindigkeit mit dem Divergieren der Richtungen abnimmt, vermindert sich damit auch die Beständigkeit, weil Cg im Zähler steht.

Beim Eintragen der Werte der Beständigkeit für den Monat Februar nach dem holländischen Tabellenwerk (Oceanographische en Meteorologische Waarnemingen, 1919) in eine Karte zeigte sich die auffällige Tatsache, daß die Beständigkeit bei zwei Beobachtungen im Eingradfeld fast allenthalben einen hohen Wert hatte, daß sie dagegen bei sehr großer Beobachtungszahl in Gebieten schwachen Stroms meist sehr sank. Dieses eigenartige Verhalten je nach der Beobachtungszahl war auch bei benachbarten Feldern mit ungleicher Beobachtungszahl zu bemerken, wie ein Vergleich der Felder mit niedriger und hoher Beobachtungszahl in den Quadraten 145 und 109 im Februar nach dem holländischen Tabellenwerk (Oceanogr. en Met. Waarn., 1919, 147 und 155) besonders deutlich zeigt.

Da das Verhalten der Beständigkeit offenbar auch mit der Verschiedenheit des Stromcharakters in Zusammenhang stand, wurde eine Trennung der Gebiete einheitlichen und uneinheitlichen Stromcharakters nach Zehngradfeldern auf Grund der Mittelwerte der Besteckversetzungen vorgenommen, da die Einzelwerte nicht veröffentlicht sind. Als Gebiete einheitlichen Stromcharakters wurden solche Zehngradfelder betrachtet und ausgesondert, in denen die Mittelwerte der Besteckversetzungen eine eindeutige Generalrichtung aufwiesen. Ein Beispiel eines solchen Zehngradfeldes bietet Quadrat Nr. 302 (Fig. 3, S. 27). Auf diese Weise wurden die Quadrate Nr. 151, 150, 149, 116, 77, 43, 42, 41, 39, 38, 6, 3, 303, 302, 301, 300, 335, 339, 338, 337, 336, 372, 407, 406, 408, 445, 444, 479, 478 als Zehngradfelder einheitlichen Stromcharakters ausgesondert. Alle übrigen Zehngradfelder wurden als Gebiete uneinheitlichen Stromcharakters angesehen. Für diese Methode der Trennung war die Annahme maßgebend, daß die Gebiete mit einheitlicher

Richtung der Mittelwerte auch die Gebiete sind, in denen im Eingradfeld die Einzelversetzungen wenig divergieren, und die Gebiete mit uneinheitlicher Richtung der Mittelwerte auch die Gebiete, in denen die Einzelversetzungen stark divergieren.

Da es hier nur auf angenäherte Vorstellungen über das Verhalten der Beständigkeit in den einzelnen Gebieten ankommt, mag die schematische Trennung nach Zehngradfeldern genügen, obgleich natürlich die Grenzen der Gebiete einheitlichen Stromcharakters nicht mit den Zehngradmeridianen und -parallelkreisen identisch sind. Die mit der Schematisierung verbundene Ungenauigkeit wird dadurch gemildert, daß die Gebiete einheitlichen Stromcharakters meist zusammenhängend auftreten. Einzelne Eingradfelder, deren Werte von der allgemeinen Richtung stark abwichen, wurden ausgeschieden. Bei einer Beobachtung im Eingradfeld ist die Beständigkeit stets = 100, da dann Ca = Cg ist. Ihre Angabe ist daher auch in den Berechnungen des Kon. Ned. Met. Inst. unterblieben. Da dieses Verhältnis auch dann eintritt, wenn zwei Beobachtungen mit einer Stromstille darunter in einem Eingradfeld vorliegen, wurden auch diese Felder nicht berücksichtigt.

Ein Vergleich der Karten der Besteckversetzungen nach Zweigradfeldern für die Monate Dezember und Januar im Atlas des Kon. Ned. Met. Inst. Nr. 110 ergab, daß in diesen Monaten keine Verlagerung der Gebiete einheitlichen Stromcharakters eintritt; daher wurde die Einteilung des Februarmaterials auch für die Monate Dezember und Januar zugrunde gelegt. Waren zehn oder mehr Beobachtungen im Eingradfeld in den Gebieten einheitlichen Stromcharakters vorhanden, so wurde die Untersuchung auf den Februar beschränkt. Für das Intervall von 51 bis 100 Beobachtungen im Eingradfeld wurde das Material für die Gebiete einheitlichen Stromcharakters dem Tabellenwerk des Kon. Ned. Met. Inst. über den Indischen Ozean (Oceanographische en Met. Waarnemingen, 1908—1915) entnommen, da im Atlantischen Ozean entsprechende Felder nicht vorhanden waren. Im Indischen Ozean wiesen die Quadrate 68, 67, 30, 29, 28, 325, 442, 441 Felder mit der erforderlichen Beobachtungszahl bei einheitlichem Stromcharakter auf. Felder über 100 Beobachtungen boten nur die Quadrate 68 und 67. Angesichts der verhältnismäßig beschränkten Zahl der in Frage kommenden Felder wurde dort die Untersuchung auch auf die Monate Dezember und Januar ausgedehnt. Um den Einfluß der Beobachtungszahl auf die Größe der Beständigkeit festzustellen, wurde in den einzelnen Gebieten eine Auszählung der Fälle vorgenommen, die auf die einzelnen Beständigkeitstufen bei 2, 10 bis 20, 21 bis 50, 51 bis 100 und über 100 Beobachtungen im Eingradfeld entfallen. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 2 bis 4 dargestellt, wobei zur besseren Vergleichbarkeit die Zahl der Fälle in Prozenten der betreffenden Gesamtbeobachtungszahl angegeben ist.

Die mittlere Beobachtungszahl der Stufen liegt in der Regel unter dem Mittelwert der Stufe, da die Zahl der zur Verfügung stehenden Felder mit wachsender Beobachtungszahl abnimmt.

Tabelle 1. Mittlere Beobachtungszahl.

A. Gebiete einheitlichen Stromcharakters.

Stufe	10—20	21—50	51—100	über 100
Dezember . .	—	—	63.1	120,6
Januar . . .	—	—	64,8	120,5
Februar . . .	13.3	25.2	67.1	115,2
Mittel	—	—	64.9	119.3

B. Gebiete uneinheitlichen Stromcharakters.

Stufe	10—20	21—50	51—100	über 100
Dezember . .	13,7	27,1	75.3	157.3
Januar . . .	12,9	26,7	79.4	141.1
Februar . . .	13,2	28,6	74,1	132,5
Mittel	13,3	27,4	76,2	142,0

Aus der Tabelle 1 ist ersichtlich, daß die mittlere Beobachtungszahl in den einzelnen Stufen für beide Gebiete einigermaßen übereinstimmt. Daraus geht hervor, daß die bei der Auszählung gewonnenen Werte in Tabelle 2 bis 6 untereinander vergleichbar sind.

Tabelle 2. Die Beständigkeit bei zwei Beobachtungen im Eingradfeld.

A. Gebiete mit einheitlichem Stromcharakter.

Zahl der Fälle in %	Beständigkeitsstufen										Gesamtzahl der Fälle
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	
Dezember	—	0,8	1,6	2,4	3,2	7,5	4,0	11,4	15,8	53,3	253
Januar . .	0,4	1,0	2,9	3,6	4,3	5,7	4,0	11,9	15,1	51,1	278
Februar .	1,0	1,5	2,0	3,0	4,5	6,0	5,4	13,4	17,4	45,8	201
Mittel . .	0,4	1,1	2,2	3,0	3,9	6,4	4,4	12,1	16,0	50.5	732

B. Gebiete mit uneinheitlichem Stromcharakter.

Zahl der Fälle in %	Beständigkeitsstufen										Gesamtzahl der Fälle
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81 90	91—100	
Dezember	0,5	0.7	4.4	5.3	6,0	10,2	4,9	9,5	14,2	44,3	431
Januar . .	0,5	1,0	5,2	6,4	5,9	8,6	5,6	12,0	15,0	39,8	407
Februar .	0,2	2,6	3,8	4,5	6,3	5,9	5,6	8,7	16,4	46,0	426
Mittel . .	0,4	1,4	4,4	5,4	6,1	8,2	5,4	10,1	15,2	43.4	1264

Tabelle 3. Die Beständigkeit bei 10 bis 20 Beobachtungen im Eingradfeld.

A. Gebiete mit einheitlichem Stromcharakter.

Zahl der Fälle in %	Beständigkeitsstufen										Gesamtzahl der Fälle
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61 - 70	71—80	81—90	91—100	
Februar .	0.7	2,7	4,1	5,4	7,5	12,2	18,4	23,8	17,7	7,5	147

B. Gebiete mit uneinheitlichem Stromcharakter.

Zahl der Fälle in %	Beständigkeitsstufen										Gesamtzahl der Fälle
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	
Dezember	8,5	11,8	17,6	20,9	19,0	12,4	5,2	3.3	1,3	—	153
Januar . .	3,2	9.5	15.3	15.3	18,5	15,3	14,0	6,4	2,5	—	157
Februar .	4,1	9,7	19,3	22,0	13,1	14,5	9,7	4,1	2,8	0,7	145
Mittel . .	5,2	10,3	17,4	19,4	16,9	14,1	9,7	4,6	2,2	0.2	455

Tab. 4. Die Beständigkeit bei 21 bis 50 Beobachtungen im Eingradfeld.

A. Gebiete mit einheitlichem Stromcharakter.

Zahl der Fälle in %	Beständigkeitsstufen										Gesamtzahl der Fälle
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	
Februar	—	—	10,0	5,0	2,5	7,5	22,5	40,0	10,0	2,5	40

B. Gebiete mit uneinheitlichem Stromcharakter.

Zahl der Fälle in %	Beständigkeitsstufen										Gesamtzahl der Fälle
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	
Dezember	4,5	22,7	15,9	18,3	11,4	15,9	4,5	4,5	2,3	—	44
Januar . .	8,8	26,5	29,4	20,6	2,9	5,9	5,9	—	—	—	34
Februar .	22,6	16,1	16,1	22,6	9,7	9,7	3,2	—	—	—	31
Mittel . .	11,0	22,0	20,2	20,2	8,3	11,0	4,6	1,8	0,9	—	109

Für 51 bis 100 und über 100 Beobachtungen steht nur wenig Material zur Verfügung, da nur auf sehr belebten Schiffahrtsstraßen soviele Beobachtungen im Eingradfeld für einen Monat gewonnen werden können. Immerhin mögen die sich ergebenden Resultate mitgeteilt werden (Tab. 5 und 6). Auf eine Umrechnung in Prozenten ist angesichts des dürftigen Materials verzichtet.

Tab. 5. Die Beständigkeit bei 51 bis 100 Beobachtungen im Eingradfeld.

A. Gebiete mit einheitlichem Stromcharakter.

Indischer Ozean.

Zahl der Fälle	Beständigkeitsstufen										Summe
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	
Dezember	—	—	—	2	3	9	5	4	4	—	27
Januar . .	—	1	1	6	6	4	7	4	3	2	34
Februar .	—	1	3	4	3	5	5	1	1	1	24
Summe. .	—	2	4	12	12	18	17	9	8	3	85

B. Gebiete mit uneinheitlichem Stromcharakter.

Zahl der Fälle	Beständigkeitsstufen										Summe
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	
Dezember	1	—	2	3	2	—	—	—	—	—	8
Januar . .	2	3	3	—	—	—	—	—	—	—	8
Februar .	—	3	4	1	1	—	—	—	—	—	9
Summe. .	3	6	9	4	3	—	—	—	—	—	25

Tabelle 6. Die Beständigkeit bei über 100 Beobachtungen im Eingradfeld.

A. Gebiete mit einheitlichem Stromcharakter.

Indischer Ozean.

Zahl der Fälle	Beständigkeitsstufen										Summe
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	
Dezember	—	1	—	1	—	1	2	1	—	—	6
Januar . .	—	1	1	2	3	2	—	—	—	—	9
Februar .	—	—	—	1	2	2	—	—	—	—	5
Summe. .	—	2	1	4	5	5	2	1	—	—	20

B. Gebiete mit uneinheitlichem Stromcharakter.

Zahl der Fälle	Beständigkeitsstufen									Summe
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100	
Dezember	1	7	3	—	—	—	—	—	—	—	11
Januar	5	3	1	—	—	—	—	—	—	—	9
Februar	5	3	2	—	—	—	—	—	—	—	10
Summe	11	13	6	—	—	—	—	—	—	—	30

Bei zwei Beobachtungen im Eingradfeld (Tabelle 2) sind sowohl in den Gebieten mit einheitlichem wie mit uneinheitlichem Stromcharakter die unteren Stufen der Beständigkeit nur spärlich vertreten. So entfallen auf die sieben Beständigkeitsstufen von 0—70 % nur 21,4 bzw. 31,3 % aller Fälle, während der höchsten Stufe (91—100 % Beständigkeit) allein 50,5 bzw. 43,4 % aller Fälle angehören. Der Scheitelwert (häufigster Wert) der Beständigkeit liegt demnach bei 95 %. Es ist mithin im allgemeinen der rechnerische Wert der Beständigkeit bei zwei Beobachtungen im Eingradfeld sehr hoch und unabhängig vom Stromcharakter.

Bei zunehmender Beobachtungszahl verschiebt sich, wie die Tab. 3—6 und die zusammenfassende Tabelle 7 zeigt, die Lage des Scheitelwertes sowohl in den Gebieten einheitlichen wie uneinheitlichen Stromcharakters nach den unteren Beständigkeitsstufen hin. Jedoch sind in den Gebieten einheitlichen Stromcharakters die Beständigkeiten stets viel größer als in den Gebieten uneinheitlichen Charakters. Während bei den höchsten Beobachtungszahlen in uneinheitlichen Stromgebieten (Tab. 6, B) Beständigkeiten über 30 % überhaupt nicht vorkommen und der Scheitelwert im Mittel bei 15 % Beständigkeit liegt, findet man in einheitlichen Stromgebieten auch dann noch bis 80 % Beständigkeit, und der Scheitelwert liegt im Mittel bei 50 %.

Tabelle 7. Scheitelwerte der Beständigkeit bei wachsender Beobachtungszahl.

A. Gebiete einheitlichen Stromcharakters.

Beobachtungszahl	2	10—20	21—50	51—100	über 100
Dezember	95	—	—	55	65
Januar	95	—	—	65	45
Februar	95	75	75	60	50
Mittel	95	—	—	55	50

B. Gebiete uneinheitlichen Stromcharakters.

Beobachtungszahl	2	10—20	21—50	51—100	über 100
Dezember	95	35	15	35	15
Januar	95	45	25	20	5
Februar	95	35	20	25	5
Mittel	95	35	15	25	15

Die Erklärung für die festgestellte Beziehung zwischen der Beobachtungszahl im Eingradfeld und dem Scheitelwert der Beständigkeit liegt in folgendem. Bei einheitlicher Stromrichtung erhalten die Komponenten bei der Aufkoppelung gleiches Vorzeichen; daher kommen bei der Addition keine oder doch nur geringe Größen zum Fortfall, und ein Einfluß der Beobachtungszahl ist nur insofern vorhanden, als bei wachsender Beobachtungszahl die Möglichkeit einer Streuung naturgemäß zunimmt. Ist die Strömung aber uneinheitlich, weisen also die Besteckversetzungen eine erhebliche Streuung auf, so ergeben sich Komponenten mit positivem und negativem Vorzeichen, so daß bei der Addition der Komponenten nur ihre Differenz übrig bleibt. Je mehr Beobachtungen vorhanden sind, um so größer ist die Möglichkeit zu einem Ausgleich der Komponenten und damit zu einem Sinken der Beständigkeit. Es muß darum in Gebieten uneinheitlichen Stromcharakters die Beständigkeit mit steigender Beobachtungszahl viel stärker sinken als in den Gebieten einheitlichen Stromcharakters.

Dieselben Erwägungen gelten auch für die geometrische Geschwindigkeit Cg, da $Cg = B \cdot Ca : 100$ ist. Es bestätigt sich somit hier zahlenmäßig für die Gebiete uneinheitlichen Stromcharakters die Vermutung von P. Hoffmann (1884, 26), daß bei der Aufkoppelung die Stromgeschwindigkeiten um so geringer ausfallen würden, je mehr Beobachtungen vorlägen, eine Meinung, der sich auch O. Krümmel (1911, 421) angeschlossen hat.

Nun zeigt sich, daß die Gebiete einheitlichen Stromcharakters mit den Gebieten starken Stroms und die Gebiete uneinheitlichen Stromcharakters mit den Gebieten schwachen Stroms in der Regel zusammenfallen. Die Erklärung ist in folgendem zu suchen. Je höher die Geschwindigkeit des Stromes ist, um so mehr kommt der Anteil des Stromes gegenüber den Fehlern der Besteckversetzung zur Geltung, um so besser ist die Eliminierung der zufälligen Fehler bei einer Mittelbildung, und um so einheitlicher erscheint der Stromcharakter. Je schwächer dagegen der Strom, um so kleiner ist der Anteil des Stromes gegenüber den zufälligen Fehlern der Besteckversetzung, so daß er ihnen gegenüber sehr zurücktreten kann. Die Uneinheitlichkeit des Stromcharakters braucht daher nicht immer durch Uneinheitlichkeit in der Richtung des Stromes hervorgerufen zu sein, sondern kann ebensogut darauf beruhen, daß die Stromstärke so gering ist, daß bei einer Mittelbildung aus nicht sehr vielen Beobachtungen die zufälligen Fehler das Ergebnis stark beeinflussen und eine Divergenz der benachbarten mittleren Richtungen verursachen.

Berechnet man unter Zugrundelegung der mittleren Beobachtungszahl (Tabelle 1) die Verschiebung des Scheitelwertes der Beständigkeit pro Zunahme um 1 Beobachtung im Eingradfeld, so ergeben sich folgende Werte.

Tabelle 8. Verschiebung des Scheitelwertes der Beständigkeit bei Hinzutritt einer Beobachtung.

A. Gebiete einheitlichen Stromcharakters.

Zwischen den Stufen	2 / 10—20	10—20 / 21—50	21—50 / 51—100	51—100 / über 100
Februar . . .	— 1,8	± 0,0	— 0,4	— 0,2

B. Gebiete uneinheitlichen Stromcharakters.

Zwischen den Stufen	2 / 10—20	10—20 / 21—50	21—50 / 52—100	51—100 / über 100
Dezember . . .	— 4,8	— 1,5	+ 0,4	— 0,2
Januar	— 4,6	— 1,4	— 0,1	— 0,2
Februar . . .	— 5,4	— 1,0	+ 0,1	— 0,3
Mittel	— 5,3	— 1,4	+ 0,2	— 0,2

+ Steigen der Beständigkeit. — Sinken der Beständigkeit.

Tabelle 8 zeigt, daß die Abnahme der Beständigkeit bei zunehmender Beobachtungszahl nach dem Stromcharakter verschieden ist. In den Gebieten einheitlichen Stromcharakters beträgt sie in der Stufe 2/10—20 für den Februar nur 33% des entsprechenden Wertes für die Gebiete uneinheitlichen Stromcharakters. In den Gebieten uneinheitlichen Stromcharakters sinkt die Abnahme der Beständigkeit bei zunehmender Beobachtungszahl erst bei der Stufe 10—20/21—50 auf die Größenordnung, die in den Gebieten einheitlichen Stromcharakters bereits in der vorhergehenden Stufe erreicht ist. Weiterhin sinkt sie in beiden Gebieten auf einen minimalen Betrag.

Stellt man Tabelle 8 graphisch dar, so zeigen die durch diese Punkte gezogenen Kurven (Fig. 1), daß im Gebiet einheitlichen Stromcharakters ungefähr bei 18, im Gebiet uneinheitlichen Stromcharakters ungefähr bei 35 Beobachtungen die Beständigkeit stationär wird. Hieraus darf man wohl

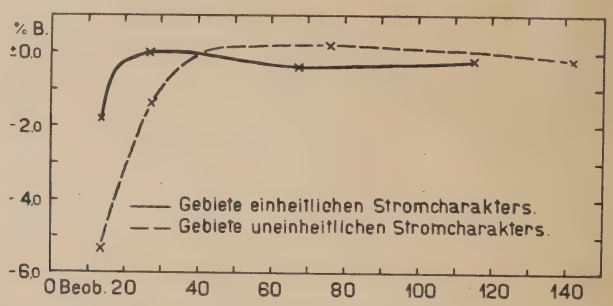

Fig. 1. Die Beziehung zwischen der Verschiebung des Scheitelwertes der Beständigkeit und der Beobachtungszahl.

schließen, daß im Gebiet einheitlichen Stromcharakters annähernd bei 18 Beobachtungen, im Gebiet uneinheitlichen Stromcharakters bei ungefähr der doppelten Anzahl die rechnerische Beständigkeitsangabe im Durchschnitt brauchbar wird. Da die geometrische Geschwindigkeit Cg durch die Beziehung $Cg = B \cdot Ca : 100$ von der Beständigkeit abhängt, gelten die oben abgeleiteten Zahlen auch für die Brauchbarkeit der geometrischen Geschwindigkeit.

Dieses Ergebnis ist von erheblicher methodischer Bedeutung. Es sagt aus, daß je nach dem Stromcharakter ungefähr 18 bis 35 Beobachtungen für das Eingradfeld erforderlich sind, um zuverlässige, von einer störenden Einwirkung zufälliger Fehler befreite Mittelwerte der Besteckversetzungen zu erhalten. Da aber im allgemeinen viel weniger Beobachtungen pro Eingradfeld verfügbar sind, so ergibt sich daraus, daß selbst die sorgfältigste statistische Bearbeitung des Materials nicht

genügt, um einen zuverlässigen Einblick in die wahren Stromvorgänge zu erhalten. Es muß vielmehr das statistisch aufbereitete Material einer weiteren Behandlung unterzogen werden, die mit den Hilfsmitteln wissenschaftlicher Kritik aus den mit Fehlern behafteten statistischen Angaben das wahre Strombild herauszuarbeiten sucht. Diese Bearbeitung wird sich selbstverständlich möglichst streng an das statistische Material halten, aber sie wird dort, wo die Menge der Beobachtungen unter die oben angegebenen Grenzen sinkt, nicht nur das Recht, sondern die Pflicht haben, von den statistischen Werten so weit abzuweichen, daß das resultierende Strombild den Forderungen der Hydrodynamik entspricht.

Nun wurden bei der vorliegenden Untersuchung im gesamten Ozean nur zwei Typen des Stromcharakters unterschieden, während in Wirklichkeit der Stromcharakter viel mehr Variationen aufweist. Die beiden Typen stellen als Mittel über große, in sich nicht ganz homogene Gebiete natürlich keine Extremtypen dar. Für diese Extremtypen vollkommen einheitlichen Stroms und ganz uneinheitlichen Stroms können daher die oben gewonnenen Zahlen von 18 bzw. 35 Beobachtungen im Eingradfeld nicht maßgebend sein. Vielmehr werden in ersteren Gebieten weniger, in letzteren dagegen mehr Beobachtungen erforderlich sein, um einwandfreie Mittelwerte zu erhalten. Die Zahl von 18 Beobachtungen für die Gebiete einheitlichen Stromcharakters stellt also eine Maximalzahl dar, die von 35 Beobachtungen für die Gebiete uneinheitlichen Stromcharakters eine Minimalzahl.

Für Übergangsgebiete vom einheitlichen zum uneinheitlichen Typus werden brauchbare Mittelwerte bei etwa 20 bis 30 Beobachtungen im Eingradfeld erzielt werden können. Es ist Sache des Bearbeiters, beim Entwurf von Stromkarten seine Aufmerksamkeit auf den Stromcharakter zu richten.

II. Überblick über das Material und die Arbeitsmethode.

1. Die Arbeitskarte.

Als Projektion wurde in Übereinstimmung mit den Überlegungen von G. Michaelis (1923) die winkeltreue azimutale Projektion gewählt. Die Ausdehnung der Karte war im N durch die Einbeziehung des amerikanischen Archipels und des Barentsmeeres, im S durch das Weddellmeer, im E durch die Notwendigkeit eines Anschlusses an den Indischen Ozean und im W durch den Golf von Mexiko bestimmt. Damit war die Wahl des Hauptpunktes auf dem Äquator gegeben. Der Mittelmeridian wurde auf 30° W angenommen. Die Schnittpunkte jedes zehnten Meridians mit jedem zehnten Parallelkreis wurden unter Benutzung der Tabellen von E. Hammer (1889) auf trigonometrischem Wege berechnet. Als Maßstab für die Arbeitskarte wurde in Übereinstimmung mit G. Michaelis (1923) das Verhältnis 1 : 10000000 gewählt, das dem Eingradfeld einen Raum von etwas mehr als 1 qcm bietet. In das mit Kreiskurvenlinealen nach Eingradfeldern eingeteilte Gradnetz wurden die Landumrisse nach der ebenfalls im Maßstab 1 : 10000000 in Eingradfeldern gehaltenen Carte générale bathymétrique des Océans eingetragen. Für die Landumrisse von Antarktika wurden die Karten von R. Amundsen (1912, I), M. Groll (1913) und A. Matha — J. J. Rey (1911) herangezogen.

2. *Das benutzte Quellenmaterial.*

An Quellenmaterial wurde das gedruckt vorliegende, hier erreichbare Material benutzt, soweit es für die Arbeit verwendbar schien. Im Gegensatz zu der Winterkarte von G. Michaelis (1923) für den Indischen Ozean, die den Januar wegen der Ausprägung des Monsuns wählen mußte, empfahl sich für den Atlantischen Ozean trotz einer gewissen Störung des Anschlusses als Hauptmonat der Februar, da in diesem Monat die extremsten Temperaturen erreicht werden. Die verschiedene Ausdehnung des Monsungebietes am Golf von Guinea spielt für das Stromsystem an der Oberfläche des Atlantischen Ozeans nur eine untergeordnete Rolle, so daß dieser Gesichtspunkt im Atlantischen Ozean vernachlässigt werden konnte. Demgegenüber mußte der Nachteil in Kauf genommen werden, daß zahlenmäßig das Material für den Februar wegen seiner Kürze geringer war als für die anderen Wintermonate.

Das Hauptmaterial ist der Veröffentlichung Nr. 110 des Kon. Ned. Met. Inst. (Oceanographische en Meteorologische Waarnemingen, 1919) entnommen. Da die Karten des dem Werke beigegebenen Atlasses nach Zweigradfeldern bearbeitet sind und daher die Details nicht in gewünschtem Maße wiedergaben, wurden die im Tabellenband mitgeteilten Werte für Eingradfelder benutzt.

Abweichend von dem sonst üblichen Verfahren wird von den Holländern als Stromstille nur wirkliche Stromlosigkeit gerechnet und nicht Besteckversetzungen unter 6 Sm. Hierdurch wird eine Unstetigkeit vermieden, da sonst ein Strom von 5 Sm zwar als Stromstille angesehen würde, ein Strom von 7 Sm aber zum vollen Betrage in Rechnung gestellt werden müßte. Als Beobachtungsort gilt die Mitte des im Etmal zurückgelegten Schiffsweges. Die Gesamtzahl der Besteckversetzungen im Februar beträgt nach dem holländischen Werk 18657, hauptsächlich Versetzungen von Dampfschiffen, die sich über das Gebiet von 50° N bis 50° S, mit Ausnahme der Quadrate 81, 82 und 45 erstrecken. Das Material für das anschließende Gebiet des Indischen Ozeans östlich von 20° E ist der nach dem gleichen System angelegten Veröffentlichung Nr. 104 des Kon. Ned. Met. Inst. (Oceanographische en Meteorologische Waarnemingen, 1908 bis 1915) entnommen.

Zur Ergänzung ist folgendes Quellenmaterial herangezogen worden. Für die hohen Nordbreiten wurden neben F. Nansens Arbeit (1921) in Anbetracht des Mangels an Besteckversetzungen aus dem Winter die von dem Kon. Ned. Met. Inst. veröffentlichten Einzelversetzungen des „Willem Barents" (Meteorologische Waarnemingen en Diepzeelodingen, 1883) für die Sommermonate verwertet.

Für den Nordatlantischen Ozean südlich von 50° N wurden zwei umfangreichere Materialsammlungen, die Arbeiten von R. Strachan (1872) und von G. Simart (1889) zum Vergleich benutzt. Erstere bietet für den Februar 520 Besteckversetzungen, von denen 62 aus dem Gebiet des Amerikanischen Mittelmeeres stammen. Einheit der Darstellung ist der vierte Teil des Fünfgradfeldes. Für die Geschwindigkeit ist das arithmetische Mittel angegeben, ein Umstand, der wegen der geringen Beobachtungszahl in der Darstellungseinheit nach unseren Ausführungen in Kap. 1 für die Vergleichbarkeit mit der geometrischen Geschwindigkeit nicht erheblich ins Gewicht fällt. Sehr viel mehr Material enthält die Karte von G. Simart (1889). Die Karte, die sich von 52° N bis 0° erstreckt, enthält für den Winter 29714 Besteckversetzungen aus Schiffstagebüchern der französischen Kriegsmarine und der

Compagnie Transatlantique sowie anderer Handelsschiffe. Einheit der Darstellung ist das Zweigradfeld. Die Berechnung der mittleren Richtung ist von G. Simart etwas abweichend vom Koppelverfahren so vorgenommen, daß für jeden Strich der Kompaßrose die Anzahl der Beobachtungen und die Summe der Geschwindigkeiten eingetragen wurde, ähnlich wie in der englischen Quadratarbeit. (Charts of Met. Office, 1876.) Diese Stromrose wurde dann zu einer mittleren Richtung aufgerechnet, indem die mittlere Richtung des Sektors zugrunde gelegt wurde. Die Karte gestattet, die Anzahl der Beobachtungen, die Richtung in Graden und die mittlere geometrische Geschwindigkeit in Sm pro Etmal zahlenmäßig zu entnehmen. Die Einteilung der Karte nach dem Meridian von Paris fällt nicht so sehr ins Gewicht, da der Längenunterschied zwischen Paris und Greenwich 2° 20′ 14″ E beträgt, so daß im Geltungsbereich der Felder nur eine Differenz von 20′ 14″ auftritt.

Für den Golf von Mexiko wurde J. C. Soleys (1907a) kartographische Zusammenstellung von Einzelbesteckversetzungen für die Monate Februar bis April herangezogen, denen die Geschwindigkeit in Sm pro Stunde beigeschrieben ist.

Im Gebiet des Guineastromes wurde zur Ausfüllung von Lücken die Veröffentlichung des Kon. Ned. Met. Inst. Nr. 95 (Observations Océanographiques, 1904) benutzt. Für den Monat Februar kamen 53 Eingradfelder für die Ergänzung in Frage, für die Monate Dezember und Januar 7. Leider enthält das Werk für den inneren Teil des Golfes von Guinea, das Quadrat 36, kein Material.

Für das Gebiet des Brasilienstromes stand J. Klaehns (1911, 662) Arbeit zur Verfügung, die für die Monate Januar bis März 3733 Besteckversetzungen mitteilt, deren prozentische Häufigkeit nach der achtteiligen Windrose und deren arithmetisches Mittel der Geschwindigkeit für Felder ungleicher Ausdehnung berechnet ist (siehe Anm.).

Eine wertvolle Ergänzung bilden die Besteckversetzungen von Expeditionen wegen ihrer erhöhten Zuverlässigkeit und oft auch wegen ihrer Lage in Gebieten, die von den Handelsschiffen nicht häufig berührt werden. Bei der geringen Anzahl der in Betracht kommenden Besteckversetzungen mußte die Beschränkung auf den Februar und die Wintermonate aufgegeben werden. Um die Besteckversetzungen richtig werten zu können, wurden der Beobachtungsmonat und der Name der Expedition beigefügt. Benutzt sind die Besteckversetzungen des „Challenger" aus den Monaten Oktober, Dezember und Februar bis Mai, die der „Gazelle" aus den Monaten Februar bis April, die der „Valdivia" aus den Monaten November, Dezember und März, die des „Gauß" aus den Monaten Oktober bis Dezember, die des „Planet" aus den Monaten Februar und März, die Besteckversetzungen von der Ausreise der „Deutschland" aus den Monaten August bis April, die des „Viking" aus dem Mai.

Anmerkung: Als durch das holländische Material überholt wurden die Einzelbesteckversetzungen des englischen Stromatlasses für das Gebiet um das Kap der Guten Hoffnung (Meteorological Charts, 1882) und die von J. C. Soley (1911 a und b) sowie die englische Materialzusammenstellung für das Quadrat 3 (Square 3, 1874) nicht herangezogen. Wegen ungünstiger Darstellungseinheit konnte das Besteckversetzungsmaterial der englischen und deutschen Quadratarbeit (Charts of Met. Office, 1876 und Resultate Meteorologischer Beobachtungen, 1880) nicht verwertet werden. Aus demselben Grund wurde von einer Eintragung des Materials von J. Janke (1920) für den Golf von Guinea abgesehen. Die Materialsammlung von A. Gadewohl (1913) kam wegen ihrer Beschränkung auf den Herbst nicht in Betracht.

3. Die Aufbereitung des Materials.

Aus den Tabellenwerken des Kon. Ned. Met. Inst. Nr. 110 und Nr. 104 (Oceanographische en Meteorologische Waarnemingen, 1919 und 1913) wurden für jedes Eingradfeld die Zahl der Beobachtungen und der Stromstillen, die Richtung in Graden, die geometrische Geschwindigkeit in Sm pro Etmal und die Beständigkeit in Prozenten für den Monat Februar mit schwarzer Farbe in die Arbeitskarte eingetragen, wobei Irrtümer in der Lage der Felder durch Benutzung eines Tabellenschiebers und durch Nachkontrollen möglichst ausgeschaltet wurden. Für Felder ohne Beobachtung wurden Januarbeobachtungen und, wenn auch diese fehlten, Dezemberbeobachtungen herangezogen und durch verschiedene Farben kenntlich gemacht.

Auf einer festgeklammerten Pause mit Gradnetz und Landumrissen wurden nach den unter jedem Eingradfeld befindlichen Zahlenangaben Strompfeile konstruiert, bei denen die einzelnen Monate ebenfalls durch verschiedene Farben unterschieden wurden. Die Richtung wurde mit einem besonders eingeteilten Transporteur entworfen, der jedesmal nach dem benachbarten Eingradmeridian in die Nordrichtung eingestellt wurde. Die geometrische Geschwindigkeit wurde in Abstufungen von 5 zu 5 bzw. 10 zu 10 Sm durch die Anzahl der Fieder am Pfeilkopf, die Beständigkeit in Abstufungen von 25 zu 25 % durch die Länge des Pfeilschaftes, die Anzahl der Beobachtungen im Eingradfeld für 1, 2, 3—4, 5 und mehr Beobachtungen durch ein Zeichen am Pfeilende nach den in Fig. 5 auf S. 30 mitgeteilten Symbolen angegeben.

Felder, in denen der resultierende Strom Null war, wurden mit einem Kreis mit eingeschriebener Beobachtungszahl versehen. Die Besteckversetzungen von Expeditionen wurden durch einen breiten Pfeilschaft hervorgehoben.

Alles übrige Material wurde auf anderen Pausen mit Gradnetz und Landumrissen untergebracht, um eine Überlastung der ersten Pause zu vermeiden. Die Besteckversetzungen von R. Strachan (1872) und G. Simart (1889) wurden mit einheitlicher Pfeillänge eingetragen, da die Beständigkeit nicht angegeben war und sich auch nicht berechnen ließ. Bei den Versetzungen von G. Simart (1889) wurde die Zahl der Beobachtungen wegen der größeren Beobachtungszahl in der Darstellungseinheit in Abstufungen von 0—10, 11—19, 20—49 und über 50 zum Ausdruck gebracht. Nach den Werten von J. Klaehn (1911) wurden Stromrosen entworfen, daß je 1 % der Häufigkeit durch 1 mm Länge des Pfeilschaftes bezeichnet wurde.

Zur Kontrolle der Angaben der Besteckversetzungen wurden auf mehreren Pausen mit Gradnetz und Landumrissen die Windverhältnisse im Februar, die Temperaturverteilung an der Meeresoberfläche im Februar, die Verteilung der im Südatlantischen Ozean gesichteten Eisberge und der Verlauf des Schelfes eingetragen. Die Winde wurden in Zweigradfeldern nach dem Atlas des Kon. Ned. Met. Inst. Nr. 110, Taf. 12, auf Grund von 95 965 Windbeobachtungen eingezeichnet und für das Gebiet um das Kap der Guten Hoffnung in Fünfgradfeldern nach dem Atlas des Kon. Ned. Met. Inst. Nr. 104 für den Indischen Ozean ergänzt. Die Oberflächentemperaturen wurden nach Eingradfeldern zahlenmäßig unter Angabe der Beobachtungszahl eingetragen. Benutzt wurden auf 86 595 Temperaturmessungen beruhende Eingradfeldwerte aus den Tabellen des Kon. Ned. Met. Inst. Nr. 110 und 30 191 Messungen nach der Quadratarbeit der Deutschen Seewarte (Resultate met. Beobachtungen, 1880). Eine Reihe von Werten wurde aus der Veröffentlichung

des Kon. Ned. Met. Inst. Nr. 95 (Observations Océanographiques, 1904) für das Gebiet des Guineastromes entnommen. Für das Gebiet nördlich von 50° N wurde die Zusammenstellung des Danske Meteorologiske Institut (Overfladevandets Maanedlige Middeltemperatur, 1917) herangezogen. Sämtliche veröffentlichten Messungen von Expeditionen aus dem Monat Februar seit der „Challenger"-Expedition wurden ebenfalls eingetragen.

Die Verteilung der im Südatlantischen Ozean gesichteten Eisberge wurde den Tabellen von K. Fricker (1893) und der Ice Chart of the Southern Hemisphere 1885—1911 (Ice Chart, 1912) entnommen, soweit sie in den Monaten Januar und Februar gesichtet waren. Falls das Beobachtungsjahr angegeben war, wurde dieses hinzugesetzt. Die Eisbergmeldungen der „Valdivia", der „Scotia" und des „Pour-quoi-pas?" wurden unter Angabe des Datums und des Schiffes eingetragen.

Der Verlauf des Schelfes wurde der Carte bathymétrique générale des Océans unter Heranziehung der Tiefenkarte des Atlantischen Ozeans von M. Groll (1912) entnommen. Für das Europäische Nordmeer hatte F. Nansen (1921) einen Vergleich der Oberflächenströmungen mit der Bodenkonfiguration bereits vorgenommen, so daß hier die Eintragung des Schelfes unterbleiben konnte.

4. Methode der Verarbeitung.

Grundsatz bei der Verarbeitung war, unter Beachtung der am Schluß des Kapitel 1 abgeleiteten Sätze die Darstellung dem Beobachtungsmaterial möglichst eng anzupassen. Es wurde im Gegensatz zu den meisten bisherigen Stromdarstellungen nicht davor gescheut, ein kompliziertes Strombild zu entwerfen, wenn dies das Beobachtungsmaterial zu fordern schien. Für dieses Verfahren waren die neueren Ergebnisse der Hydrodynamik nicht ohne Einfluß, welche die bisherigen schematischen Strombilder nicht gerade wahrscheinlich machen. Auf theoretischem Wege kamen J. W. Sandström (1905 und 1909, 242) und nach ihm V. Bjerknes (1912) und R. Wenger (1920, 241) zu komplizierten Stromfiguren. Sie sind zur Verwertung der Beobachtungen mit herangezogen, wie dies für ein kleines Gebiet bereits J. W. Sandström (1918) versucht hat. Als hauptsächlichste Stromerscheinungen treten nach dem Beobachtungsmaterial für den Atlantischen Ozean parallele, schwach konvergierende oder divergierende Stromfäden auf, ferner ausgeprägte Konvergenz- und Divergenzlinien und Konvergenz- und Divergenzpunkte und Wirbel. Für das Vorhandensein der übrigen Stromfiguren ergibt sich allerdings kein sicherer Anhalt. Aus dem Auftreten der erwähnten Figuren folgt, daß an vielen Stellen des offenen Ozeans Vertikalbewegungen stattfinden. Es braucht infolgedessen die Menge des horizontal zuströmenden Wassers nicht gleich der Menge des horizontal abströmenden zu sein, eine Vorstellung, die sichtlich die bisherigen Versuche, Strombilder des Atlantischen Ozeans abzuleiten, stark beeinflußt hat.

Es wurde also versucht, unter möglichst enger Anlehnung an das Beobachtungsmaterial der Eingradfelder Stromlinien zu entwerfen, die auch den neueren hydrodynamischen Vorstellungen entsprachen und mit der Anordnung der Temperatur, der Windrichtung, der Bodenkonfiguration in Einklang zu bringen waren. Eine wesentliche Hilfe für die Beurteilung der Richtigkeit der Darstellung bot dabei die Übereinstimmung in der Stromrichtung benachbarter Felder und die Übereinstimmung der Stromrichtung desselben Feldes in den verschiedenen Monaten. Während in den Gebieten einheitlichen Stromcharakters dies Bestreben verhältnismäßig leicht zu erfüllen war, wurden

in den Gebieten uneinheitlichen Stromcharakters wegen der Schwierigkeit, das Beobachtungsmaterial richtig zu interpretieren, langwierige Versuche notwendig. Etwa vorhandenen Feldern mit hoher Beobachtungszahl wurde besonderes Gewicht beigelegt, ebenso den Besteckversetzungen von Expeditionen.

Für die Grenzgebiete zweier Strömungen ist, wie aus den Darlegungen in Kap. 1 hervorgeht, die Beantwortung der Frage sehr schwierig, ob zwei im rechten Winkel gegeneinander anlaufende Strömungen wie der Golfstrom und der Labradorstrom unter diesem Winkel auftreffen oder ob ein Einkurven stattfindet. Denn wenn die Besteckversetzungen ein Einkurven andeuten, so kann dies auch darauf zurückgeführt werden, daß die Besteckversetzung eines z. B. abwechselnd in einen Süd- und Oststrom fahrenden Schiffes als Besteckversetzung eine südöstliche Resultante ergibt. Dieselbe Erscheinung tritt bei der Aufrechnung mehrerer Besteckversetzungen zu einem Mittelwert ein, wenn Schwankungen der Stromgrenzen vorkommen. In solchen Fällen ist die Richtung der Besteckversetzung als maßgebend angenommen. Die Frage, ob das so entstandene Strombild der Wirklichkeit entspricht oder ein systematischer Fehler des Beobachtungsmaterials vorliegt, muß offen bleiben.

Bei der Festsetzung der Beständigkeit und der vektoriellen Geschwindigkeit wurde das Augenmerk zunächst auf die Beständigkeit gerichtet. Denn diese ist infolge der Beziehung $B = B \cdot Ca : 100$ ausschlaggebend für die Festsetzung der vektoriellen Geschwindigkeit Cg, da die arithmetische Geschwindigkeit Ca bei gegebenem Beobachtungsmaterial im Eingradfeld eine gegebene Größe ist. Gestaltete sich die Festsetzung der Beständigkeit in den Gebieten starken Stroms mit einheitlicher Stromrichtung relativ einfach, so mußte in Gebieten schwachen Stroms zu dem Ausweg gegriffen werden, weite Gebiete einzelnen Feldern mit hoher Beobachtungszahl anzugleichen. Denn es konnte in zahlreichen Fällen nicht entschieden werden, ob die Uneinheitlichkeit im Stromcharakter tatsächlich vorhanden war oder nur durch das Überwiegen der zufälligen Fehler gegenüber dem schwachen Strom scheinbar hervorgerufen. Da nun nach den Darlegungen in Kapitel 1, Abschn. 2 die Beständigkeit mit zunehmender Beobachtungszahl sinkt, sind die den Angaben der Felder mit hoher Beobachtungszahl angeglichenen Werte der Beständigkeit Minimalwerte. Infolge der Beziehung $Cg = B \cdot Ca : 100$ sind auch die Angaben für die geometrische Geschwindigkeit als Minimalwerte anzusehen. Von der Angabe der arithmetischen Geschwindigkeit Ca konnte Abstand genommen werden, da diese im wesentlichen nur nautische Kreise interessiert und auch durch die Beziehung $Ca = 100 \cdot Cg : B$ leicht ermittelt werden kann.

In Gebieten, für die kein neues Quellenmaterial vorlag und moderne Stromkarten auf Grund von Einzelarbeiten bereits vorhanden waren, wurden diese der Bearbeitung zugrunde gelegt. So schließt sich die Darstellung des Barentsmeeres und des nördlichen Teiles des Europäischen Nordmeeres der Karte von F. Nansen an (1921, 41), jedoch mußte schon wegen des Maßstabes von der Wiedergabe zahlreicher Einzelheiten Abstand genommen werden.

Für die Irmingersee ist die auf die Mohnsche Theorie gegründete Auffassung von G. Wegemann (1899) zugunsten der auf unmittelbare Beobachtung der Salzgehaltsverteilung gegründeten Anschauung von F. Nansen (1912, Fig. 9) verlassen, die das Vordringen einer Zunge salzreichen Wassers in die Davis-Straße besser erklärt. Allerdings betont auch F. Nansen die

Unsicherheit des von ihm entworfenen Strombildes. Eine prinzipielle Änderung erwies sich für das Strombild vor der irischen Küste als notwendig, wo die Besteckversetzungen eine mehr nördliche Richtung erforderten. Die Darstellung der Strömungen des amerikanischen Archipels folgt der Karte von L. Mecking (1906), jedoch ist das Prinzip des überall bewegten Ozeans durchgeführt, so im Gebiet des Nordwassers und an der Küste Labradors. Das Strombild des St. Lorenz Golfs und seiner Umgebung lehnt sich an die Karte von J. W. Sandström an (1918), der Golf von Maine an die Darstellung von H. B. Bigelow (1915).

Für die Nordsee ist die Darstellung von G. Böhnecke (1922) übernommen, die auf die Salzgehaltsverteilung gegründet ist.

5. *Methode der Darstellung.*

Die Methode der Darstellung ist im Interesse der Einheitlichkeit dieselbe wie in den Karten von G. Michaelis (1923) für den Indischen Ozean. Die vektorielle Geschwindigkeit wurde durch die Stärke und Anzahl der Fieder am Pfeilkopf bezeichnet, Abstufungen und Form des Kopfes sind die gleichen wie bei G. Michaelis (1923). Um eine übereinstimmende zeichnerische Darstellung zu erreichen, wurden Schablonen benutzt, die schon durch G. Michaelis konstruiert und angewandt waren.

Die Beständigkeit ist in den gleichen Abstufungen wie bei G. Michaelis (1923) durch die Breite des Pfeilschaftes angegeben. Stimmt somit auch die Art der Darstellung der Beständigkeit vollkommen überein, so ist doch das Vorgehen in der Festsetzung der Beständigkeit und damit auch der geometrischen Geschwindigkeit verschieden (s. Abschn. 4 ds. Kap.).

Die Menge des Materials wurde nach der von G. Michaelis angewandten Methode durch Aussparungen im Pfeilschaft in vier Abstufungen angegeben. Während bei G. Michaelis (1923) die Festsetzung des Materials offenbar unter dem Gesichtspunkte erfolgte, durch sie die Sicherheit der Darstellung anzugeben (vgl. seine Karte 1, Zeichenerklärung Abschn. IV) und darum die subjektiven Angaben, theoretische Überlegung, sehr spärliches Material, wenig Material, reiches Material gewählt wurden, sind für den Atlantischen Ozean objektive zahlenmäßige Abstufungen mitgeteilt: Kombination auf Grund vereinzelter Beobachtungen, 1—4, 5—9, 10 und mehr Beobachtungen pro Eingradfeld. Angegeben wurde nur das Februarmaterial aus dem holländischen Tabellenwerk (Oceanographische en Meteorologische Waarnemingen, 1919), um ein einheitliches Bild zu erhalten. Für das Karibische Meer und den Golf von Mexiko ist der auf den Februar entfallende Anteil des benutzten Beobachtungsmaterials abgeschätzt. Auf eine weitere Ausdehnung der Abstufungen konnte verzichtet werden, weil Felder mit 10 und mehr Beobachtungen auf kleine Gebiete beschränkt sind, in denen gegebenenfalls das Beobachtungsmaterial leicht zu Rate gezogen werden kann.

Die Übereinstimmung in der äußeren Form der Darstellung mit der von G. Michaelis (1923) deckt sich also nicht mit einer inhaltlichen Identität, da das Prinzip in der Bearbeitung der Beständigkeit und der vektoriellen Geschwindigkeit ein anderes ist und weil eine zahlenmäßige Abstufung der Materialmenge gewählt wurde. Die Verschiedenheit im Inhalt der Darstellungsform ergibt sich aus der Weiterentwicklung der Methoden.

Gebiete, in denen die Darstellung aus anderen Karten entlehnt wurde und daher eine Angabe der Beständigkeit und geometrischen Geschwindig-

keit nicht möglich war, erhielten einen Pfeil mit einem dreieckigen Pfeilkopf und mit einem Pfeilschaft von einheitlicher Breite mit zwei ellipsenförmigen Aussparungen. Diese Aussparungen deuten nicht das zugrunde liegende Material an, sondern sind nur aus dem Grunde angebracht, um nicht durch das volle Ausziehen des Pfeilschaftes den Eindruck zu erwecken, als ob dort 10 und mehr Beobachtungen vorlägen.

Die Konstruktion aller Pfeile erfolgte auf einer Kartonkarte mit Gradnetz und Landumrissen im Maßstab der Arbeitskarte, die dann auf photographischem Wege auf den Maßstab 1 : 30 000 000 verkleinert wurde.

III. Beschreibung der atlantischen Oberflächenströmungen im Februar.

1. Allgemeiner Überblick.

Die Karten der Oberflächenströmungen des Atlantischen Ozeans geben von A. Petermann (1865) bis zur neuesten Darstellung von G. Schott (1917) für das Gebiet zwischen 40° N und 40° S übereinstimmend zwei Stromkreise an, von denen der nordatlantische im Sinne des Uhrzeigers, der südatlantische in entgegengesetzter Richtung kreist. Man folgerte daraus, daß eine weitgehende Analogie in den Strömungen beider Ozeanhälften vorhanden sei.

Die vorliegende Neubearbeitung zeigt ein wesentlich anderes Bild. Die gesamte Fläche des Ozeans ist strombewegt. Zwischen 40° N und 40° S treten die Nordsüdströmungen gegenüber den Westostbewegungen stark zurück. Von Stromkreisen kann nicht mehr gesprochen werden. Zwischen den West- und den Oststrümungen treten Konvergenzgebiete auf, in denen Wasser zur Tiefe sinken muß. Die Analogie zwischen den Strömungen des Nord- und Südatlantischen Ozeans beschränkt sich auf ganz wenige Hauptzüge.

Eine gewaltige Erscheinung stellt die Westströmung beiderseits des Äquators dar, die ungefähr von 25° N bis 22° S, also über rund 3000 Sm, sich erstreckt und größtenteils unmittelbar von den Ostküsten absetzt. Die Ergänzung für die dadurch der Ostseite des Ozeans entzogenen Wassermassen geschieht nur in geringem Ausmaße entlang den Küsten, in der Hauptsache wird der Ersatz aus der Tiefe geholt.

Im Nordatlantischen Ozean nimmt ein kompliziertes Konvergenzgebiet die bisher als stromlos dargestellte Sargasso-See ein. Die beherrschende Stellung des Golfstroms ist verschwunden, aber als warmer Strom, der in seiner Westhälfte den kalten nordischen Gewässern das oberflächliche Vordringen über 40° N hinaus verwehrt und in seiner Osthälfte große Massen warmen Wassers bis in die nördlichsten Teile des Nordatlantischen Ozeans verfrachtet, hat er hervorragende hydrographische Bedeutung. Der Südäquatorialstrom gibt an der Oberfläche nicht in dem Maße Wasser an den Nordatlantischen Ozean ab, wie bisher angenommen wurde. Der Brasilienstrom ist kein Analogon zum Golfstrom. Zwar besorgt er wie dieser den Abfluß der an den Westküsten angestauten Wassermassen, aber er geht nicht in die große Ostströmung der höheren Breiten über, sondern ist von dieser durch ein von 40° S 50° W bis 25° S 20° W verlaufendes Konvergenzgebiet schwacher unbeständiger Strömungen deutlich getrennt. Der Agulhasstrom gibt im Gegensatz zu den bisherigen Anschauungen seine Wassermassen nicht vollständig an die Westwindtrift ab, sondern entsendet einen Teil in nordwestlicher Richtung in den Südatlantischen Ozean, wie es bereits

J. Rennell (1832) und neuerdings G. Michaelis (1923) dargestellt haben. Sie breiten sich hier fächerförmig aus und bilden mit dem Wasser der Westwindtrift eine Konvergenzlinie. Der Benguelastrom ist in keinem seiner Teile eine Fortsetzung der Westwindtrift, sondern setzt ausschließlich von der Küste ab. Die gewaltige südhemisphärische Westwindtrift, die in ihrem atlantischen Verlaufe von rund 1200 Sm auf etwa 1800 Sm Breite anwächst, bildet nicht mit dem Benguela-, Südäquatorial- und Brasilienstrom eine geschlossene Strömung, sondern ist von ihnen allenthalben durch Konvergenzgebiete getrennt. In der Osthälfte des Südatlantischen Ozeans dringen die kalten Wassermassen der Westwindtrift in breiter Front bis etwa 30° S äquatorwärts vor, während im Nordatlantischen das Kaltwasser in der Hauptsache jenseits von 40° N bleibt. Auf diesen Unterschieden beruht z. T. der Temperatur- und Salzgehaltsunterschied des Nord- und Südatlantischen Ozeans. Die Vermutung von G. Michaelis (1923), daß das antarktische Schmelzwasser an der Ostseite des Pazifischen Ozeans nach Norden abfließe, an der Westseite des Atlantischen wieder südwärts setze, wird nicht bestätigt.

Die in der beiliegenden Karte angegebene geometrische Geschwindigkeit überschreitet 30 Sm nur in wenigen Gebieten: im Floridastrom, im Guyanastrom und im Agulhasstrom. Die geringsten Geschwindigkeiten unter 5 Sm herrschen in den Ausläufern des Labradorstromes, des Golfstromes, im Golf von Biscaya, vor Spanien und in den Wirbelgebieten. Am häufigsten beträgt die Geschwindigkeit 5—15 Sm pro Etmal. Beträge zwischen 15 und 30 Sm sind auf die Hauptstromstriche der Äquatorialströme, den Guineastrom sowie auf das Amerikanische Mittelmeer und die Fortsetzung des Floridastromes beschränkt. Eine Beständigkeit von 75—100% weisen die Äquatorialströme, das Karibische Meer, der Yukatanstrahl, der Florida-, Guinea- und Agulhasstrom auf, sie fällt also im großen und ganzen mit den Gebieten starken Stroms zusammen. Die Beständigkeit 25—50% findet sich in den Konvergenzgebieten. Die Beständigkeit 0—25% ist auf einzelne Teile der Sargasso-See, das Gebiet südlich von Neu-Schottland, den Golf von Biscaya und das Gebiet westlich von Spanien beschränkt. In den übrigen Gebieten beträgt sie meist 50—75%.

2. *Nähere Beschreibung des Stromverlaufs.*

Die nähere Beschreibung des Stromverlaufs muß sich auf die Besprechung der wichtigsten Erscheinungen beschränken. Für Einzelheiten sei auf die Karte verwiesen.

a) Nordatlantischer Ozean.

Im Nordatlantischen Ozean setzt der Kanarenstrom von der Straße von Gibraltar bis 10° N mit einer Geschwindigkeit von 5—10 Sm und einer Beständigkeit von 50—75% von der nordwestafrikanischen Küste ab. Für das Küstengebiet von Tanger bis 29° N sind allerdings nur sehr wenig Besteckversetzungen vorhanden, aber die Auftriebserscheinungen in diesem Gebiet (vgl. Atlantischer Ozean 1902, Karte 5) deuten auf ablandige Strömungen hin, deren Richtung zudem bei den Kanarischen Inseln auf zehn und mehr Beobachtungen für das Eingradfeld beruht. Einen weiteren Beleg bilden die von H. Thorade (1913, 42) für dieses Küstengebiet berechneten mittleren Richtungen und Geschwindigkeiten nach deutschen Besteckversetzungen der Jahre 1884 bis 1902. Sie ergeben für die Monate Januar bis März Strom von annähernd der gleichen Richtung wie auf der beigegebenen Karte und 5—6 Sm Stärke (Tab. 9).

Tabelle 9. Mittlere Stromrichtung und Geschwindigkeit an der nordwestafrikanischen Küste nach H. Thorade.

Gebiet	Besteckversetzungen			Reiner Triftstrom
	Zahl	Richtung	Geschwindigkeit	(Geschwindigkeit)
10°—14° N	51	259°	6,0 Sm	5,2 Sm
14°—20° N	65	260°	5,4 „	5,6 „
20°—26° N	74	276°	5,6 „	6,0 „
26°—30° N	35	262°	5,0 „	4,2 „

Ausschlaggebend für Richtung und Geschwindigkeit scheinen hier die Windverhältnisse zu sein, denn die von H. Thorade (1913) berechneten Geschwindigkeiten des reinen Triftstroms stimmen mit den aus den Besteckversetzungen abgeleiteten sehr gut überein. Denselben Schluß legt das in Fig. 2 für den Februar mitgeteilte Kartogramm des reinen Triftstromes nahe, das eine Hilfe für die Beurteilung der Frage bieten soll, wo der Wind und wo die übrigen Stromkomponenten die maßgebende Rolle für die Richtung der Meeresströmung spielen. Die Richtung des reinen Triftstroms wurde für jeden der drei Monate Dezember bis Februar auf Grund der Windkartogramme des Atlasses des Kon. Ned. Met. Inst. (Oceanogr. en Met. Waarn., 1919, Taf. 10—12) erhalten, indem unter Benutzung des Satzes von V. W. Ekman (1905 und 1906, 474), daß der reine Triftstrom auf der nördlichen Halbkugel 45° rechts, auf der südlichen 45° links vom Winde laufe, die Windpfeile der Kartogramme um 45° gedreht wurden. Zwischen 2° N und 2° S wurde auf die Konstruktion des reinen Triftstroms wegen der bekannten theoretischen Bedenken verzichtet. Die Kartogramme beruhen für den Monat Dezember auf 116 082, für den Januar auf 105 652, für den Februar auf 95 965 aufgekoppelten Windbeobachtungen. Da sie für alle drei Monate eine befriedigende Übereinstimmung des Triftstromes zeigen, wird hier nur das Februarkartogramm mitgeteilt. Zwischen 10°—28° N zeigt nun die Karte, daß der reine Triftstrom in westlicher bis südwestlicher Richtung unmittelbar von der nordwestafrikanischen Küste absetzt, so daß innerhalb dieses Gebietes der Kanarenstrom in der Tat hauptsächlich Triftstrom zu sein scheint.

Der Kanarenstrom biegt westlich von 26° W aus der Südwest- zur Westnordwestrichtung um. Es erscheint als berechtigt, hier den Nordäquatorialstrom beginnen zu lassen. Wenn auch das Material von G. Simart (1889) eine solche Nordkomponente vermissen läßt, kann an ihrer Realität nicht gezweifelt werden, da das neue holländische Material sie in allen drei Monaten übereinstimmend zeigt. Auch in den Karten von A. Gadewohl (1913, Taf. 5) ist die Nordkomponente festzustellen, besonders in der Septemberkarte. Diese nördliche Komponente, die bis in Äquatornähe verfolgbar ist, stellt nun insofern ein interessantes Phänomen dar, als die Winde die Ursache nicht sein können, denn der reine Triftstrom zeigt erst westlich von 40° W eine entsprechend starke nördliche Tendenz. Die Ursache muß also im inneren Kraftfeld zu suchen sein. Das Beobachtungsmaterial bestätigt somit die von A. Merz und G. Wüst (1922, 19) auf Grund der Betrachtung der thermischen und halinen Zirkulation gezogene Folgerung, daß in dem Gebiet zwischen 10° N und 10° S an der Oberfläche ungewöhnlich starke polwärts gerichtete Beschleunigungen durch das innere Kraftfeld zu erwarten sind, weil hier ausnahmsweise Temperatur und Salzgehalt mit beträchtlichen Unterschieden im gleichen Sinne wirken. Diese Erklärung erscheint um so annehmbarer, als der Südäquatorialstrom die gleiche Erscheinung zeigt, worauf später eingegangen wird.

Von 40° W ab fließt der Nordäquatorialstrom in seiner ganzen Ausdehnung annähernd westwärts, wobei er durch den nordwestlichen Küstenverlauf Südamerikas und durch abkurvende Stromfäden im Norden an Breite verliert. Die Geschwindigkeit beträgt 5—10 Sm, nur am Nordrande sinkt

Fig. 2. Kartogramm des reinen Triftstroms im Februar.

sie unter 5 Sm im Etmal, am Südrande wächst sie mit der Annäherung an die Küste von Guayana immer mehr an. Die Beständigkeit steigt hier auf 75—100 %. Nordwestliche Richtung tritt erst vor der Küste am Schelfrand ein. Hier konvergieren die Stromfäden stark. Es schiebt sich Wasser des

Nordäquatorialstroms unter den vom Südäquatorialstrom herkommenden Guayanastrom. Dies wird durch O. Krümmels (1893, 59) Temperaturbeobachtungen zwischen Ascension und Para bestätigt, die eine auch von O. Krümmel (1893, 60) hervorgehobene auffällige Wärme der Schichten von 200—400 m an den Stationen 48—50 ergaben. Diese Erscheinung wird begreiflich, wenn man ein Unterschieben oberflächlich erwärmter Schichten des Nordäquatorialstroms unter den Guayanastrom annimmt. Aus dem Anstau des Wassers gegen die Küste erklären sich auch die hohen Geschwindigkeiten des Guayanastroms, die bis zu 40 Sm betragen. Wenn P. Hoffmann (1884, 38) eine Tendenz der Strömungen gegen die Küste ablehnte, weil die großen Geschwindigkeiten erst 30—40 Sm vom Lande entfernt auftreten, übersah er dabei die Wirkung des Schelfes. Die Kleinen Antillen vermögen keinen sichtbaren Einfluß auf den Nordäquatorialstrom auszuüben, der hier eine Geschwindigkeit von 10—15 Sm und eine Beständigkeit von 75—100 % besitzt. Durch die Großen Antillen wird er dagegen gegabelt.

Ein Teil, der Antillenstrom O. Krümmels (1877), setzt an der Nordseite von Haiti und Kuba mit gleicher Geschwindigkeit nach Nordwesten. Seine Beständigkeit beträgt 50—75 %. Der andere Teil zieht zwischen dieser Inselkette und dem südamerikanischen Festland als Karibenstrom in westlicher Richtung mit einer Beständigkeit von 75—100 % weiter. Infolge der Profilverengung zwischen Haiti und dem südamerikanischen Festland steigt die Geschwindigkeit bis zu 30 Sm an. Auch weiterhin verlaufen die Strömungen im Karibischen Meer nach dem hauptsächlich hier herangezogenen Material von R. Strachan (1872) und G. Simart (1889) westlich. Nach dem Passieren Jamaikas macht sich infolge der Stauwirkung vor der Küste von Nicaragua eine nördliche Tendenz bemerkbar. Die Geschwindigkeit nimmt etwas ab. Unmittelbar vor der Küste Nicaraguas geht die Wasserbewegung mit einer Geschwindigkeit von 15—20 Sm nach Norden. Im Golf von Honduras scheint es infolge des Anstaus, abgesehen vielleicht vom innersten Gebiet, zu keinem Buchtwirbel zu kommen. Die Verengung der Yukatanstraße bewirkt, daß die Wassermassen strahlförmig mit der großen Geschwindigkeit von 30—40 Sm pro Etmal in den Golf von Mexiko eintreten.

Der Verlauf der Strömungen im Golf von Mexiko ist durch diese Strahlbildung bedingt. Der Yukatanstrahl ist quer über den Golf hinüber bis vor die Mississippi-Mündung verfolgbar, wo er sich in zwei den Küsten entlang fließende Äste teilt. Am Ausgang der Yukatanstraße zweigen außerdem Stromfäden nach rechts in die Floridastraße und nach links zur Campêchebank hin ab, welch letztere mit dem westlichen Seitenarm des Yukatanstrahles eine Konvergenzlinie im Nordwestteile des Golfes bilden. Die nach links gegen die Wirkung der Erdrotation und gegen die Gesetze der Strahlbildung (vgl. E. Riecke 1918, 165) abfließenden Fäden sind nur als Gefällsstrom zu verstehen. Damit stimmt auch überein, daß im Westen des Golfes die Niederschläge nach W. Kloster (1922) geringer und der Salzgehalt höher als in der Mitte und dem Osten ist. Die Auswertung der Besteckversetzungen von J. C. Soley (1907 a) durch V. Bjerknes (1912) gibt neben vielen Einzelheiten die von uns gewonnenen Hauptzüge deutlich wieder. Der Meinung von J. C. Soley (1907 b, 85), daß nicht der Yukatanstrahl, sondern die Wasserbewegung über die Campêchebank den Hauptstrom darstelle, widerspricht auch die Tatsache, daß die größte Geschwindigkeit und Beständigkeit sich im Strahl, nicht aber im Campêchestrom findet.

Der aus dem Golf von Mexiko kommende Floridastrom ist eine Abflußströmung, deren Heftigkeit sich wie die des Yukatanstrahles aus der Enge

des Querschnitts ergibt. Daß er keine Windtrift sein kann, hat bereits J. Rennell (1832, 140 und 152) betont. Durch die vorgelagerten Bahama-Bänke und den von Süden andrängenden Antillenstrom wird der Floridastrom gegen die Windrichtung genau nach Norden gedrängt, wobei infolge der Einengung eine mittlere geometrische Geschwindigkeit von 50—60 Sm auftritt. Die Geschwindigkeit im Hauptstromstrich ist naturgemäß noch höher, da die Besteckversetzungen einen Mittelwert über die ganze Fläche darstellen. Auch nach dem Verlassen der engen Pforte zwischen den Bahama-Bänken und Florida bleibt der Floridastrom als Strahl auf einen schmalen Raum beschränkt. Zwischen ihm und dem an seiner rechten Flanke sich angliedernden Antillenstrom finden sich schmale unbeständige rückläufige Bewegungen (vgl. auch O. Krümmel, 1902), offenbar eine Folge der Saugwirkung, welche die beiden primären Ströme hervorrufen.

Die ablandigen Winde drängen den Amerikanischen Golfstrom immer mehr vom Lande ab, so daß sich an seiner linken Flanke das unter dem Namen „Kalter Wall" bekannte Auftriebwasser (vgl. A. Merz 1914, 727) zeigt. Unterstützt wird das Absetzen des Golfstromes durch die nach rechts wirkende Kraft der Erdrotation. Seine Geschwindigkeit nimmt bis Kap Hatteras auf 15—20 Sm ab. Weiterhin geht die nördliche Richtung immer mehr in eine östliche über. Die Geschwindigkeit sinkt auf 5—10 Sm, die Beständigkeit beträgt meist 50—75 %.

An der rechten Flanke kurven gegen die Sargasso-See Stromfäden ab, die eine Geschwindigkeit von unter 5 Sm bei einer Beständigkeit von 25—50 % aufweisen. Sie bilden mit den gleichfalls nach rechts auskurvenden Stromfäden des Nordäquatorialstroms einen Wirbel, dessen Zentrum auf ungefähr 30° N 67° W zu liegen scheint. Die Verstärkung der allgemeinen nordatlantischen Warmwasseransammlung, welche G. Schotts (1902, Taf. 15—17) Temperaturkarten für dieses Gebiet zeigen, dürfte auf diesen Wirbel, in dessen Mitte Wasser in die Tiefe sinken muß, zurückzuführen sein. Analoge Verstärkungen findet man an zwei weiteren Stellen der Sargasso-See, die weiter östlich auf annähernd gleicher Breite liegen und an denen nach den Besteckversetzungen ebenfalls Wirbel angenommen werden müssen. Auch sie kommen durch rechts auskurvende Stromfäden des Atlantischen Golfstroms und des Nordäquatorialstroms zustande. Nun zeigen allerdings die mittleren Richtungen der Besteckversetzungen an allen drei Stellen ein sehr unklares Bild auch dort, wo zahlreiche Beobachtungen vorhanden sind, so daß nur eine starke Ausgleichung zur Konstruktion der drei Wirbelgebiete führte. Infolgedessen ist der Verlauf der einkurvenden Stromfäden in den Einzelheiten nicht gesichert. Das Durcheinander der Besteckversetzungen dürfte nicht nur durch den Einfluß der Besteckfehler bei schwachem Strom, sondern auch durch Verlagerungen der Wirbelachsen bewirkt werden. Auch in letzterem Falle müssen die in demselben Eingradfeld jeweils gemachten Beobachtungen stark divergieren, da bei der Mittelbildung nicht zusammengehörige Werte verwendet werden. Klarheit im einzelnen kann nur durch synchrone fehlerfreie Besteckversetzungen oder Strommessungen geschaffen werden. Jedenfalls kann von einer Stromlosigkeit der Sargasso See nicht gesprochen werden, ein Resultat, zu dem auch C. Forch (1911, 346) auf Grund der Trift der „Fanny Wolston" gekommen war.

Von etwa 70° W ab trifft auf die linke Flanke des Atlantischen Golfstroms, der hier mit 10—15 Sm Geschwindigkeit und 50—75 % Beständigkeit nach Osten fließt, der Cabot- und Labradorstrom auf. Der aus dem St. Lorenz-Golf kommende Cabotstrom drängt sich nach der Darstellung

von J. W. Sandström (1918) an dessen Westseite. Südlich von Neuschottland breitet er sich aus, seine Geschwindigkeit sinkt auf unter 5 Sm, seine Beständigkeit auf weniger als 25 %. Der Labradorstrom, dessen Geschwindigkeit mit Ausnahme des Hauptstromstriches unter 5 Sm beträgt, läßt nach der Darstellung von J. W. Sandström (1918) ebenfalls ein deutliches Rechtsdrängen erkennen. Die inneren Stromfäden setzen darum auf Neufundland zu und bespülen nicht nur dessen Ost- und Südküste, sondern dringen sogar an seiner Westküste bis tief in den St. Lorenz-Golf hinein. Große, den mittleren Stromfäden angehörige Wassermassen müssen aber an der Nordkante des Golfstromes in die Tiefe sinken. Dies wird bestätigt durch die Scharung der Tiefenisothermen auf den Karten von G. Schott (1902, Taf. 10—16). Zu dem gleichen Schluß kamen A. Merz und G. Wüst (1922, 24) auf Grund der Beobachtungen von B. Helland-Hansen (1911, 450 und 1912, Abschn. 5) auf der „Michael Sars"-Expedition. Die östlichen Stromfäden des Labradorstromes gliedern sich dem Nordrande des Golfstroms an.

Die Bewegungsrichtung des nordatlantischen Golfstromes ist von Kap Hatteras bis zur Südwestecke Irlands eine östliche bis nordöstliche, wobei die Geschwindigkeit auf weniger als 5 Sm und die Beständigkeit auf 25—50 % sinkt. Der reine Triftstrom (Fig. 2) weist nun von Kap Hatteras bis über 50° W hinaus fast genau nach Süden, zwischen 50° und 30° W etwa nach Südosten und weiterhin fast nach Osten. Daraus ergibt sich, daß der Atlantische Golfstrom keine Windtrift, sondern ein Gefällsstrom ist. Die nordwärts gerichtete Gefällskomponente ist entscheidend gegenüber der südwärts gerichteten Triftkomponente. Im Nordatlantischen Ozean fehlt das Gegenstück zur südatlantischen Westwindtrift, O. Krümmels (1911, 585) Vorstellung von einer nordatlantischen Westwindtrift ist, wenigstens für den Nordwinter, nicht zutreffend.

Auf eine Beschreibung des Stromverlaufs nördlich von 50° N sei verzichtet, da die Darstellung hier im wesentlichen aus anderen Quellen (s. Kap. 2) übernommen ist und nichts Neues bringt.

Die nach Süden abkurvenden Stromfäden des Atlantischen Golfstroms bilden östlich von 20° W das Einzugsgebiet des Portugalstroms. In seinem nördlichen Teil verläuft er nordsüdlich. Seine Geschwindigkeit beträgt bei einer Beständigkeit bis zu 25 % unter 5 Sm. An der portugiesischen Küste ist die Strömung auflandig, in einiger Entfernung von der Küste scheinen Wirbelbildungen aufzutreten. Einige Stromfäden dringen dem Gefälle folgend durch die Straße von Gibraltar in das Mittelmeer ein. Im Gebiet von Madeira bildet der Portugalstrom mit dem Kanarenstrom eine Konvergenzlinie.

Auch im Golf von Biscaya ist die resultierende Wasserbewegung, wenn auch sehr schwach und unbeständig, nach Süden gerichtet, wie die Besteckversetzungen von G. Simart (1889) bestätigen. Zur Ablehnung des Rennellstromes war bereits L. E. Dinklage (1895, 429) gekommen, ebenso später auf Grund von Flaschenposten Ch. Bénards (1904). Er ist auch auf allen neueren Stromkarten fallen gelassen. Nur die Gezeitenstromkarten des Service Hydrographique de la Marine (Courants de la Côte Ouest, 1903) geben noch für sämtliche Stunden einen am Schelfrand nach Nordwest setzenden Strom an. Neuerdings hat F. Nansen (1913) wegen des hohen Salzgehalts im Golf von Biscaya angenommen, daß nicht nur in der Tiefe, sondern auch an der Oberfläche Nordstrom herrsche. A. Merz (1915, 118) hat jedoch gezeigt, daß der hohe Oberflächensalzgehalt auch bei Südstrom zu erklären ist.

Zwischen die Äquatorialströme des Nord- und Südatlantischen Ozeans

schiebt sich der in seiner Ausdehnung mit den Jahreszeiten stark wechselnde (vgl. O. Krümmel, 1877, Taf. 1; Observations Océanographiques, 1904) Guineastrom ein, dessen Strombild im Februar hier kurz besprochen sei. Übereinstimmend mit der theoretischen Windtrift (Fig. 2) setzen Stromfäden an der linken Seite des Kanarenstroms zwischen 15° und 10° N mit einer Geschwindigkeit von 5—10 Sm und einer Beständigkeit von 50—75 % von der nordwestafrikanischen Küste ab und streben in einem über Süden nach Osten verlaufenden Bogen nach dem Golf von Guinea. Dies ist das nördliche Einzugsgebiet des Guineastroms (vgl. Fig. 4). Hierdurch findet auch die Meinungsverschiedenheit zwischen O. Krümmel (1899 a und 1899 b, 176) und G. Schott (1897, 350 und 1899, 175 und 1905, 403) über die Stromvorgänge an der afrikanischen Küste zwischen Kap Verde und Kap Palmas für den Nordwinter ihre Erledigung zugunsten von G. Schott, der auf Grund von Besteckversetzungen ebenfalls eine allmähliche nach Osten gerichtete Ablenkung des bewegten Wassers unter Anlehnung an die ostwärts zurückweichende Küste für wahrscheinlich gehalten und später durch weiteres Material belegt hat (1905, 403—404). Jedoch ist die Divergenz zwischen der westlichen Flanke des Südoststroms und dem südlichen Teil des Nordäquatorialstroms nicht so scharf, wie G. Schott (1917) darstellt.

Am westlichen Ende des Guineastroms liegt in 20° W und 3° N ein ausgeprägter Divergenzpunkt (vgl. Fig. 4), wo Wasser nach West und Nordwest zum Nordäquatorialstrom, nach Nord und Nordost zum Guineastrom fließt. Das holländische Tabellenwerk (Oceanogr. en Met. Waarn., 1919) läßt in seinen Temperaturangaben an diesem Divergenzpunkt eine Abkühlung um fast 1° C erkennen.

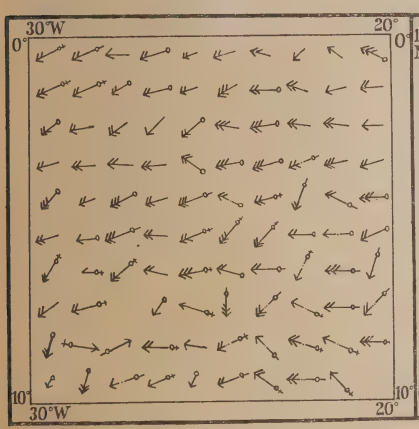

Fig. 3. Mittlere Besteckversetzungen im Quadrat 302.

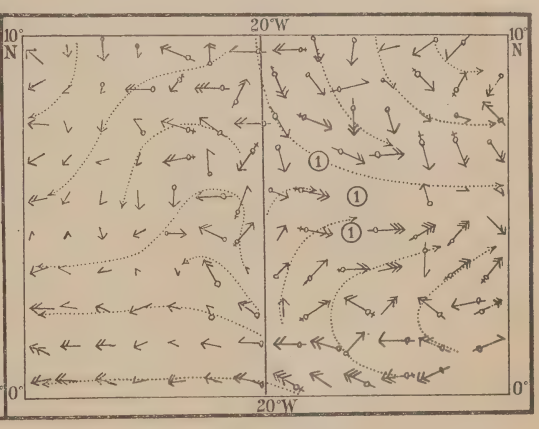

Fig. 4. Divergenzpunkt am Westende des Guineastroms.

Nach dem holländischen Tabellenwerk. Zeichenerklärung siehe Fig. 5, S. 30.

Der Guineastrom empfängt aber nicht nur von Nord und West Zufuhr, sondern vor allem von Süden, wo zwischen 0°—20° W Stromfäden des Südäquatorialstroms zu ihm abkurven. Er setzt hart unter den Küstenvorsprüngen von Oberguinea, wo er die größte Stärke aufweist, nach Osten. Seine mittlere geometrische Geschwindigkeit steigt dabei bis zu 40 Sm an. Erst östlich des Null-Meridians nimmt mit dem Zurücktreten der Küste und der Abgabe von Wasser nach Süden die Geschwindigkeit wieder auf 10 bis

15 Sm ab. Im inneren Teil des Golfes von Guinea deuten die Beobachtungen einen rechtsdrehenden Wirbel an, der das durch den Guineastrom herbeigeschaffte Wasser zum Teil dem Südäquatorialstrom zuleitet, zum Teil in die Tiefe führen dürfte, womit die Warmwasseransammlung in der Tiefe des Golfes begründet zu sein scheint (vgl. die Schnitte von J. Y. Buchanan, 1888; G. Schott 1902, Taf. 10—13). Allerdings stehen hier für die Deutung der Vorgänge nur Einzelversetzungen zur Verfügung. Auf die Mannigfaltigkeit der Strömungen in der Bucht von Biafra hat E. Wendt (1904, 217) hingewiesen. J. Janke (1920, 14) vermutet Wirbelbildungen.

b) Südatlantischer Ozean.

Die Wassermassen des Benguelastromes entstammen nicht der Westwindtrift, sondern setzen von der südwestafrikanischen Küste zwischen 34° bis 1° S ab. Die Geschwindigkeit beträgt 5—10 Sm, die Beständigkeit 50 bis 75 %. Wenn auch die Besteckversetzungen in diesem Gebiet nicht gerade reichlich sind, so zeigen sie doch übereinstimmend eine nordwestliche Richtung. Die von J. Janke (1920, Taf. 1) berechneten mittleren Stromrichtungen nach handschriftlichem Material der Deutschen Seewarte zeigen für den Südsommer ebenfalls das Absetzen von der Küste. Der Strom kann namentlich zwischen 18° und 33° S als Triftstrom betrachtet werden, wie die gute Übereinstimmung des Strombildes mit der Karte des reinen Triftstroms (Fig. 2) zeigt. Infolge der ablandigen Stromrichtung muß an der Küste Tiefenwasser zum Auftrieb gelangen. In den Oberflächentemperaturen kommt dies allerdings nach A. Franz (1920, 17) im Gegensatz zu der früheren Darstellung von G. Schott (1902, 127) nur schwach zum Ausdruck, weil im Februar im allgemeinen die oberflächliche Anwärmung ausgiebiger ist als die abkühlende Wirkung des Auftriebes. An vereinzelten, aber sehr bedeutenden Temperaturerniedrigungen unter Land in der Umgebung von Angras Juntas und Kameis-Bucht vermag aber A. Franz (1920, 17 und 20) den Auftrieb auch thermisch gut nachzuweisen. Daß die thermischen Wirkungen des Absetzens besonders in den niederen Breiten so schwach sind, wird nicht nur durch die höhere Oberflächenerwärmung, sondern auch durch den nahezu nordwestlichen Küstenverlauf zwischen Benguela und C. Lopez bewirkt, weil infolgedessen hier das Absetzen unter einem sehr spitzen Winkel erfolgt.

Weiter draußen im offenen Ozean, etwa auf der Länge des Greenwicher Meridians, tritt zwischen 5° und 25° S an Stelle der nördlichen Komponente des Stroms eine schwache südliche. Hier liegt der Beginn des Südäquatorialstroms. Die Ursache dieser bisher nicht erkannten polwärts gerichteten Komponente ist wohl ebenso wie im Nordatlantischen Ozean in dem Dichtestrom zu suchen. Denn auch hier geben die Windverhältnisse keinen Anhalt (vgl. Fig. 2, S. 23). Sie ist für den Wasserhaushalt des Nordatlantischen Ozeans von Bedeutung, weil durch sie die in den Nordatlantischen Ozean übertretende Wassermasse des Südäquatorialstroms vermindert wird. Die gleiche Wirkung hat die vor Kap San Roque von Quadrat 302 (Fig. 3) ab zu beobachtende Einbiegung des Südäquatorialstroms. Im Äquatorialgebiet (0—10° S) erreicht die Beständigkeit 75—100 %, die Geschwindigkeit steigert sich unter dem Antrieb des Südostpassats, der hier eine westliche Trift fordert, nach Westen immer mehr, so daß sie am Kap San Roque meist 15—20 Sm beträgt. Die Strömungen laufen hier auf die südamerikanische Küste auf, so daß nur die Stromfäden nördlich von 6° S in den Nordatlantischen Ozean gelangen. Sie stellen jedoch nicht die ganze Menge des in den Nordatlantischen Ozean gelangenden südatlantischen Wassers dar,

denn bereits von 20° W ab tritt Wasser mit einer Geschwindigkeit von 15—20 Sm und einer Beständigkeit von 75—100 % in den Nordatlantischen Ozean über.

Die südlich von 6° S auf die Küste auftreffenden Stromfäden gehen in die südatlantische Wasserbewegung ein. Die Geschwindigkeit des weiter im offenen Ozean nach Südwesten ziehenden Brasilienstroms beträgt nur 5—10 Sm, die Beständigkeit 50—75 %, denn infolge der Küstengestaltung, die ein Ausweichen der Wassermassen nach Norden und Süden gestattet, ist die Stauwirkung nur gering, und der Windimpuls macht sich, trotzdem er hier (vgl. Fig. 2) mit der wirklichen Stromrichtung sehr gut übereinstimmt, bei einem meridionalen Strom nicht sehr geltend (vgl. A. Merz und G. Wüst, 1922, 33). Der Golfstrom, der im Nordatlantischen Ozean die Abfuhr des angestauten tropischen Wassers besorgt, läuft gegen den Wind viel stärker als der vom Winde geförderte Brasilienstrom. Etwa von 13° S 33° W ab beginnen die Stromfäden des Brasilienstroms zu divergieren. Die Divergenzlinie ist bis 35° S 45° W zu verfolgen. Hier sinkt die Geschwindigkeit meist auf unter 5 Sm, die Beständigkeit auf 25—50 %. Die westlich der Divergenzlinie verlaufenden Stromlinien zeigen immer wieder eine auflandige Komponente bis zur Mündung des La-Plata. In der Bucht zwischen Rio de Janeiro und Desterro ist eine rechtsdrehende Strombewegung vorhanden. Die östlich der Divergenzlinie strömenden Fäden gehen in einen mit seinem Zentrum etwa auf 22° S 25° W gelegenen Wirbel ein. Die Karte der Temperaturen in 150 m Tiefe von G. Schott (1902) zeigt hier einen Warmwasserfleck, der durch das absinkende Wasser des Wirbels seine Erklärung findet. An dieser Stelle ergeben auch die Salzgehalts- und Temperaturmessungen der „Fram" 1911 nach der Karte von B. Helland-Hansen und F. Nansen (1912, 927) einen Wirbel. Für den weiteren Verlauf des Brasilienstromes ist sein Zusammentreffen mit dem Falklandstrom und der Westwindtrift entscheidend.

Der nordostwärts fließende Falklandstrom scheint mit einer Geschwindigkeit von 10—15 Sm und einer Beständigkeit von 50—75 % in der Hauptsache von der Küste Feuerlands abzusetzen und fließt dann nach NNE. Der Hauptstromstrich stimmt mit der Stelle der schärfsten Ausbiegung der Isothermen bei J. Klaehn (1911, Taf. 36) überein. In den Buchten von St. Matias und St. Jorge sind Neerströme von der Beständigkeit 25—50 % und weniger als 5 Sm Geschwindigkeit anzunehmen.

An seiner rechten Flanke geht er über in die Westwindtrift. Diese tritt zwischen Kap Horn und Grahamland in fast östlicher Richtung mit einer Geschwindigkeit von 10—15 Sm und einer Beständigkeit von 50—75 % in den Atlantischen Ozean ein und schließt sich zwischen Feuerland und den Falkland-Inseln durch scharfes Nordwärtskurven ihrer nördlichen Stromfäden an den Falklandstrom an. Beim Zusammenstoß des Brasilienstroms mit dem Falklandstrom und der Westwindtrift zeigen sich verwickelte Stromvorgänge. Der Falklandstrom weicht zunächst ebenso wie der Brasilienstrom nach Osten aus, wobei es zu kleinen Wirbelbildungen kommt. Ein Teil der Wassermassen sinkt in die Tiefe, wie die Stationen 39—46 der „Deutschland" bestätigen (vgl. W. Brennecke 1921, Taf. 11 und Seite 153). Weiterhin werden die äußeren Stromfäden des Brasilienstroms entsprechend der allgemeinen Bewegungsrichtung der kräftigeren Westwindtrift nach Nordwesten abgelenkt. Die Geschwindigkeit beträgt hier unter 5 Sm, die Beständigkeit 25—50 %. Die Westwindtrift, die, wie eben dargelegt, nur mit schwacher nördlicher Komponente in den Atlantischen Ozean eintritt, nimmt in ihrem weiteren

Verlauf mehr und mehr eine nordöstliche Richtung an. Die Geschwindigkeit beträgt meist 10—15 Sm, an einzelnen Stellen bis zu 20 Sm. Die Beständigkeit liegt bei 50—75 %. In breiter Front strömt hier eine gewaltige Masse kalten Wassers äquatorwärts und gelangt bis zu 30° S, um schließlich an einer großen Konvergenzlinie, die sich von 28° N 10° W bis 37° S 20° E erstreckt, oberflächlich zu verschwinden.

Eine besonders interessante Erscheinung stellen die schon von G. Michaelis (1923) eingehend gewürdigten Stromvorgänge vor der Südspitze Afrikas dar, wo die Westwindtrift und der Agulhasstrom zusammentreffen. Die Besteckversetzungen für den Februar (vgl. Fig. 5) zeigen ebenfalls, daß der Agulhasstrom mit hoher Geschwindigkeit (40—50 Sm) und Beständigkeit (75—100 %)

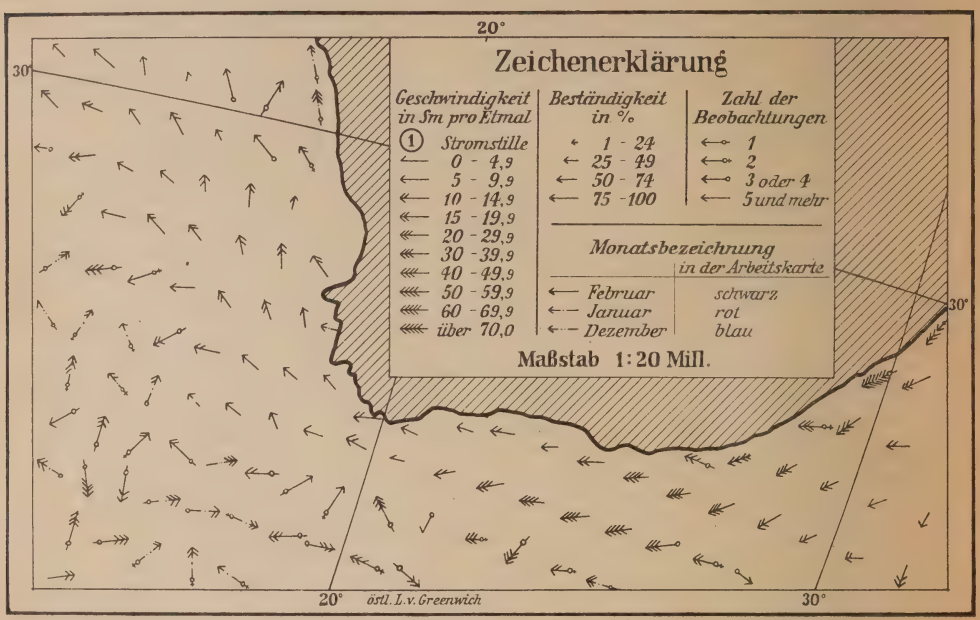

Fig. 5. Mittlere Besteckversetzungen im Süden Afrikas nach dem holländischen Material.

aus dem Indischen Ozean in den Atlantischen Ozean hineinfließt. Der Hauptstromstrich bleibt außerhalb des Schelfes. Die übertretenden Stromfäden haben eine Geschwindigkeit von 10—15 Sm und eine Beständigkeit von 50 bis 75 %. Die holländischen Besteckversetzungen lassen dieses Strombild ebenso unzweideutig erkennen (Fig. 5), wie die Angaben der Monthly Current Charts (1897). Das Indische Wasser breitet sich im Atlantischen Ozean fächerförmig aus und geht aus der ursprünglichen Nordwestrichtung in eine westliche und südwestliche über, wobei ein Teil mit der Westwindtrift die oben behandelte Konvergenzlinie bildet. In diesem Gebiet, in welchem nach dem Oberflächenstrombild große Wassermassen in die Tiefe sinken müssen, nehmen B. Helland-Hansen und F. Nansen (1912, 927) auf Grund der Temperatur- und Salzgehaltsmessungen des „Fram" einen Wirbel an. Man kommt zu der Auffassung, daß hier das kalte Wasser der Westwindtrift unter das warme indische Wasser sinkt und dann z. T. als kaltes Auftriebwasser an der südwestafrikanischen Küste wieder erscheint, womit sich auch die von E. Engeler (1910, 485) ge-

fundene Verspätung der Eintrittszeiten des Temperaturminimums in Einklang bringen ließe. Das Übertreten von Wasser aus dem Indischen Ozean hat bereits J. Rennell (1832) auf Grund von Besteckversetzungen dargestellt. Seine Nachfolger schlossen sich ihm hierin an. A. Petermann (1865) brach dann mit dieser Vorstellung, weil er die von A. Mühry (1864) aufgewiesenen Temperaturverhältnisse an der südwestafrikanischen Küste ebenso wie dieser nur durch die Annahme erklären zu können glaubte, daß das kalte Wasser der Westwindtrift die Wurzel des Benguelastroms bildete. Das von A. Petermann in einer Karte dargestellte Strombild wurde dann allgemein anerkannt, so daß bisher nur wenige Karten auf die alte Auffassung von Rennell zurückgriffen. Nur das Kon. Ned. Met. Inst. (Waarnemingen in den Indischen Oceaan, 1893, Taf. 7—9) hatte in generalisierten Stromkarten ein Umbiegen von Agulhaswasser in den Südatlantischen Ozean dargestellt. (Anm.)

Auch die Temperaturverteilung am Kap der Guten Hoffnung spricht für den Übertritt warmen Wassers an der Oberfläche in den Südatlantischen Ozean (vgl. Atlantischer Ozean 1902, Taf. 5—8). Als Ursache des Strombildes dürfte der Wind in Betracht kommen, denn die Konstruktion des reinen Triftstromes (Fig. 2) ergibt fast das gleiche Bild wie die Besteckversetzungen (vgl. Fig. 5 und Oceanogr. en Met. Waarn. 1919, Atlas Taf. 9).

Für das antarktische Gebiet fehlt es an genügenden Grundlagen für eine sichere Feststellung der Oberflächenströmungen, so daß nur eine rohe Annäherung an die Wirklichkeit erzielt werden konnte.

Seit A. Petermann (1865), der in der Karte der arktischen und antarktischen Regionen die Strömungen in nordwestlicher Richtung von Antarktika absetzend gezeichnet hatte, sind noch keine nennenswerten Versuche unternommen worden, die antarktischen Strömungen des Atlantischen Ozeans zusammenhängend darzustellen. Zum Teil ließen die Stromkarten die hohen Südbreiten überhaupt fort, zum Teil blieb das Gebiet um Antarktika ohne Darstellung, zum Teil handelt es sich um schematische Skizzen wie bei L. Mecking (1909, 108) und J. C. Soley (1915), von denen letztere offenbare inhaltliche Irrtümer aufweist. In den meisten Fällen finden sich nur textliche Angaben über die Strömungen einzelner Teilgebiete oder des gesamten antarktischen Stromsystems wie bei K. Fricker (1893, 98) und O. Krümmel (1911, 677). Nur G. Michaelis (1923) hat bei der Darstellung der antarktischen Strömungen des Indischen Ozeans nach Richtung, Geschwindigkeit und Beständigkeit in der Südwestecke seiner Karte auch hohe Südbreiten des Atlantischen Ozeans mit einbegriffen.

An Material standen für die antarktischen Strömungen des Atlantischen Ozeans nur die Besteckversetzungen der „Valdivia", der „Deutschland" und des „Viking" zur Verfügung, ferner die Positionsmeldungen von triftenden Eisbergen (vgl. Kap. 2). Eine weitere Stütze bildeten die nördlich von 50° S ab reichlicher vorhandenen holländischen Besteckversetzungen. Anhaltspunkte für die Konstruktion der Strömungen ergab der Oststrom zwischen Kap Horn und Grahamsland (vgl. Monthly Current Charts, 1897; K. Fricker 1893, 98; L. Mecking 1909, 107), die durch die Beobachtungen von S. Bruce (1905) und durch die Triften der „Deutschland" (W. Brennecke, 1921) und der „Endurance" (E. Shackleton, 1919; W. Brennecke, 1920) als gesichert anzusehende im Sinne des Uhrzeigers drehende Bewegung der Weddellsee,

Anm. Die über die Entwicklung der Kartographie der atlantischen Strömungen angestellte besondere Untersuchung kann mit Rücksicht auf die Druckkosten nicht veröffentlicht werden.

der von G. Michaelis (1923) dargestellte Wirbel östlich der Bouvet-Insel und der Weststrom am Rande Antarktikas (O. Krümmel, 1911, 682).

Die Angaben für die Geschwindigkeit und Beständigkeit der Westwindtrift südlich von 50° S beruhen auf einem Analogieschluß aus dem nördlich davon vorhandenen holländischen Material an Besteckversetzungen. Die Eintragung einer geringeren Geschwindigkeit und Beständigkeit in den Wirbelzentren der Weddellsee und des Bouvetwirbels geht auf die Erfahrungssätze zurück, die aus dem umfangreichen Material der nord- und südatlantischen Strömungen abzuleiten waren. Am Rande Antarktikas wurde für den Weststrom eine höhere Geschwindigkeit und Beständigkeit angenommen, weil hier die Strömung auf schmalen Raum eingeschränkt wird.

Aus den oben erwähnten Beobachtungen und Erfahrungssätzen ergibt sich folgendes Strombild. An der Südflanke der Westwindtrift macht sich im Gebiet des Indischen Ozeans südlich von 48° S und östlich von 40° E eine immer stärkere südliche Tendenz geltend. Diese Stromfäden werden in einem mit seinem Zentrum auf 63° S, 30° E gelegenen Wirbel einbezogen. Der an der Südseite des Wirbels vorhandene Weststrom zeigt von 25° E ein Divergieren der Stromfäden und nimmt bei 10° W eine nördliche Richtung an, nachdem ein Teil des Wassers sich nach Süden in die Weddellsee gewendet hat. In der Weddellsee herrscht eine rechtsdrehende Strombewegung, die am Nordrande zusammen mit den bei 10° W nach Norden ziehenden Stromfäden des Bouvetwirbels in die allgemeine Richtung der Westwindtrift übergeht. Zwischen dem Bouvet- und dem Weddellseewirbel liegt auf 10° bis 20° W und 65—67° S ein Divergenzgebiet.

Schriftennachweis.

1832. Rennell, J., An investigation of the currents of the Atlantic Ocean, and of those, which prevail between the Indian Ocean and the Atlantic. London.
1864. Mühry, A., Die Meeresströmungen an der Südspitze Afrikas, Pet. Mitt. S. 34.
1865. Petermann, A., Karte der arktischen und antarktischen Regionen zur Übersicht des geographischen Standpunktes im J. 1865. Pet. Mitt. Taf. 5.
1872. Strachan, R., Currents and surface temperatures of the North Atlantic Ocean from the equator to 40° N, hrsg. v. Met. Off., Official Nr. 12. London.
1874. Charts of meteorological data for square 3, hrsg. v. Met. Off., Official Nr. 20. London.
1876. Charts of Meteorological Office for nine ten-degree squares, hrsg. v. Met. Off., Official Nr. 27. London.
1877. Krümmel, O., Die äquatorialen Meeresströmungen des Atlantischen Ozeans. Leipzig.
Thomson, C. W., The voyage of the Challenger, Bd. I—II. London.
1880. Resultate meteorologischer Beobachtungen von deutschen und holländischen Schiffen für Eingradfelder des Nordatlantischen Ozeans, hrsg. v. d. Dtsch. Seew., Hamburg. 1880 ff.
1882. Meteorological charts for the ocean district adjacent to the Cape of Good Hope, hrsg. v. Met. Council. London.
1883. Waarnemingen, meteorologische, en diepzeelodingen gedaan aan boord van „De Willem Barents", hrsg. v. Kon. Ned. Met. Inst. Utrecht.
1884. Hoffmann, P., Zur Mechanik der Meeresströmungen an der Oberfläche der Ozeane. Ein Vergleich der Theorie mit der Erfahrung. Berlin.
1888. Buchanan, J. Y., The exploration of the Gulf of Guinea. Scott. Geogr. Mag. Edinburgh, Vol. IV.
1889. Forschungsreise S. M. S. „Gazelle" in den Jahren 1874—76, hrsg. v. Hydrogr. Amt d. Reichs-Marine-Amts. Berlin.
Hammer, E., Über die geographisch wichtigen Kartenprojektionen. Stuttgart.
Simart, G., Carte de la direction et de l'intensité probables des courants. Service Hydrogr. de la Marine, Nr. 4327—8.
1891. Schott, G., Oberflächentemperaturen und Strömungen der ostasiatischen Gewässer. Aus d. Arch. d. Dtsch. Seew., Bd. 14 Nr. 3.

1893. Fricker, K., Die Entstehung und Verbreitung des antarktischen Treibeises. Leipzig.
Krümmel, O., Geophysikalische Beobachtungen. Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung. Bd. I, C. Kiel.
Waarnemingen in den Indischen Oceaan over de maanden Mart, April en Mei, hrsg. v. Kon. Ned. Met. Inst. Utrecht.
1895. Dinklage, L. E., Stromversetzungen vor der Bucht von Biscaya auf dem Dampferweg von Ouessant nach dem Kap. Finisterre. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 427.
Puls, C., Oberflächentemperaturen und Strömungsverhältnisse des Äquatorialgürtels des Stillen Ozeans. Aus d. Arch. d. Dtsch. Seew. Bd. 18.
1897. Current charts, monthly, for the Atlantic Ocean, hrsg. v. Met. Off, London.
Schott, G., Monthly current charts for the Atlantic Ocean. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 348.
1899a. Krümmel, O., G. Schott, Weltkarte zur Übersicht der Meeresströmungen. Pet. Mitt. Lit. Ber. 292.
1899b. Krümmel, O., Entgegnung des Referenten (auf G. Schott, Weltkarte zur Übersicht der Meeresströmungen). Pet. Mitt. S. 176.
Schott, G., Weltkarte zur Übersicht der Meeresströmungen. Eine Erwiderung auf Prof. Krümmels Besprechung. Pet. Mitt. S. 175.
Wegemann, G., Die Oberflächenströmungen des Nordatlantischen Ozeans nördlich von 50° N. Br. Aus d. Arch. d. Dtsch. Seew. Bd. 22 Nr. 4.
1902. Atlantischer Ozean, ein Atlas von 39 Karten. . . ., hrsg. v. d. Dtsch. Seew. Hamburg, 2. Aufl.
Breusing, A., Steuermannskunst. Im Verein mit O. Fulst u. H. Meldau neubearb. u. hrsg. v. C. Schilling. Leipzig. 6. Aufl.
Drygalski, E. v., Die deutsche Südpolar-Expedition auf dem Schiff „Gauß". Veröff. d. Inst. f. Meereskunde usw., Heft 1 u. 2.
Krümmel, O., Strömungen an der Meeresoberfläche im Nordwinter und Treibprodukte, in „Atlantischer Ozean", 1902, Taf. 3.
Schott, G., Ozeanographie und maritime Meteorologie. Wiss. Ergebn. d. dtsch. Tiefsee-Expedition auf dem Dampfer „Valdivia" 1898—1899, Bd. I. Jena.
1903. Courants de la côte ouest de France, hrsg. v. Service Hydrogr. de la Marine.
1904. Bénards, Ch., Les courants du Golfe de Gascogne. Soc. d'Océanogr. du Golfe de Gascogne.
Observations océanographiques et météorologiques dans la Région du Courant de Guinée (1855—1900), hrsg. v. Kon. Ned. Met. Inst. Veröff. Nr. 95. Utrecht.
Über die Berechnung von Besteckversetzungen. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 145.
Wendt, E., Meeresströmungen im Golf von Guinea. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 209.
1905. Bolte, F., Neues Handbuch der Schiffahrtkunde. Hamburg. 2. Aufl.
Bruce, S., Some results of the Scottish National Antarctic Expedition. J. J. Harvey Pirie, Deep sea deposits of the South Atlantic Ocean and Weddell sea. Scott. Geogr. Mag. Edinburgh. S. 414.
Ekman, V. W., On the influence of the earth's rotation on ocean-currents. Arkiv för Matematik, Astronomi och Fisik. h. Svensk. Vet. Ak. Stockholm. Bd. 2, Nr. 11.
Golfstrom, der, vom 10. Mai bis zum 10. Juni 1904. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 314.
Sandström, J. W., Windströme im Gullmarfjord, Svenska Hydrogr.-Biol. Komm. Skrifter. Gothenburg.
Schott, G., Übersicht der Meeresströmungen und Dampferwege in einer Weltkarte. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 397.
1906. Ekman, V. W., Beiträge zur Theorie der Meeresströmungen. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 423.
Lehrbuch der Navigation, Bd. I. hrsg. v. Reichs-Marine-Amt. Berlin. 2. Aufl.
Mecking, L., Die Eistrift aus dem Bereich der Baffinbai, beherrscht von Strom und Wetter. Veröff. d. Inst. f. Meereskunde u. s. w., Heft 7.
1907a. Soley, J. C., Currents in the Gulf of Mexiko. Rückseite der Pilot Chart of the North Atlantic Ocean, hrsg. v. Hydrogr. Off. Washington. April—Jan.
1907b. Soley, J. C., Der Golfstrom im Golf von Mexiko. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 84.
1908/1915. Oceanographische en meteorologische waarnemingen in den Indischen Oceaan. Tabellen. Atlas, hrsg. v. Kon. Ned. Met. Inst. Veröff. 104. Utrecht.
1909. Forschungsreise S. M. S. „Planet" 1906/07, Bd. 2, hrsg. v. Reichs-Marine-Amt. Berlin.
Mecking, L., Der heutige Stand der Geographie der Antarktis. Geogr. Zeitschr. Leipzig. S. 106.
Sandström, J. W., Über die Bewegung der Flüssigkeiten. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 242.

1909. Thorade, H., Über die Kalifornische Meeresströmung. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 17.
1910. Burath, Die Erforschung der erdmagnetischen Verhältnisse des Nordatlantischen Ozeans durch das Schiff „Carnegie". Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 614.
Carte générale bathymétrique des océans, hrsg. v. Cabinet scientifique de S. A. S. Le Prince de Monaco. Paris.
Engeler, E., Periodische und unperiodische Schwankungen der Benguela-Strömung. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 475.
1911. Bauer, L. A./W. J. Peters, Magnetic charts errors and secular changes in the Indian Ocean. Terrestrial magnetism and atmospheric electricity. Baltimore.
Errors of magnetic variation in the Indian Ocean. Rückseite der Met. Chart of the Indian Ocean, hrsg. v. Secretary of Agriculture, Dec.
Forch, C., Kaysers Physik des Meeres. Paderborn, 2. Aufl.
Helland-Hansen, B, Neue Forschungen im nördlichen Atlantischen Ozean. Zeitschr. d. Ges f. Erdk. zu Berlin. S. 443.
Klaehn, J.. Über die Meeresströmungen zwischen Kap Horn und der La-Plata-Mündung. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 647.
Krümmel, O., Handbuch der Ozeanographie, Bd. 2. Stuttgart. 2. Aufl.
Matha, A./Rey, J. J., Expédition antarctique française (1903—1905). Paris.
Rouch, J., Océanographie physique. Deuxième expédition antarctique française.
Schulz, B., Die Strömungen und Temperaturverhältnisse des Stillen Ozeans nördlich 40° N. Br einschließlich des Bering-Meeres. Ann. d. Hydrogr. u marit. Met. S. 177.
1911a. Soley, J. C., The circulation in the North Atlantic Ocean Rückseite der Pilot Chart of the North Atlantic Ocean, Febr. 1911 u. Nov. 1914, hrsg v. Hydrogr. Off. Washington.
1911b. Soley, J C, The circulation in the South Atlantic Ocean. Rückseite der Pilot Chart of the North Atlantic Ocean, Sept. 1911 u Jun. 1913, hrsg. v. Hydrogr. Off. Washington.
1912. Amundsen, R., Die Eroberung des Südpols. München. 2 Bde.
Bjerknes, V, Dynamische Meteorologie und Hydrographie. Bd. 2. Braunschweig.
Groll, M., Die Tiefenkarten der Ozeane. Veröff. d. Inst. f. Meereskunde. N. F. Reihe A. Heft 2.
Helland-Hansen, B., Physical oceanography, in J. Murrray/J. Hjort, The depths of the ocean. London.
Helland-Hansen, B. und F. Nansen, Die im Jahre 1910 im nördlichen und im Jahre 1911 im südlichen Atlantischen Ozean gemachten ozeanographischen Untersuchungen, in R. Amundsen, 1912, Bd. 2.
Ice chart of the southern hemisphere 1885—1911. Rückseite d. Monthly Met. Chart of the Indian Ocean, hrsg. v. Met. Comm., Jan. 1912
Nansen, F., Das Bodenwasser und die Abkühlung des Meeres. Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. Bd. 5, Nr. 1. Leipzig.
Schmehl, Kapt., Ein dunkler Punkt. Hansa, S. 503.
1913. Atlas der Meeresströmungen in dem Indischen Ozean, hrsg. v. d. Dtsch. Seew., Hamburg.
Gadewohl, A, Die Stabilität der Meeresströmungen im Atlantischen Ozean südlich 50° N. Br. im Herbst. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 177.
Groll, M., Kurs der „Deutschland" im Weddellmeer. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin. Heft 1.
Nansen, F., The Waters of the north-eastern North Atlantic. Investigations made during the cruise of the „Fridtjof" of the Norwegian royal navy in July 1910. Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. Suppl. zu Bd. 4. Leipzig.
Stromversetzungen und Kimmschwankungen. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 634.
Thorade, H., Die Geschwindigkeit von Triftströmen. (Zur Ekmanschen Theorie). Wiss. Beil. z. Jahresber. d. Realschule in Eilbeck, Hamburg, 1913/14. Vgl. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met., 1914, 379.
1914. Merz, A., Hydrographische Untersuchungen im Golf von Maine. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin. S. 727.
Wolff, C., Die Genauigkeit der astronomischen Ortsbestimmung auf See. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 609.
1915. Bigelow, H. B., Exploration of the coast water between Nova Scotia and Chesapeake Bay July and August 1913, by the U. S. fisheries schooner „Grampus". Oceanography and plankton. Cambridge.
Merz, A., Neue Anschauungen über das nordatlantische Stromsystem. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin, S. 114.
Soley, J. C., Currents in the arctic and antarctic oceans. Rückseite der Pilot Chart of the North Atlantic Ocean, April 1915, ferner auf der Rückseite der Pilot Chart of the Indian Ocean, May 1915 und der Pilot Chart of the North Pacific Ocean, May 1915, sämtlich hrsg. v. Hydrogr. Off. Washington.

1916. Funder, Th. B., Hydrographic investigations from the Danish school ship „Viking" in the Southern Atlantic and Pacific. Medd. fra Komm. f. Havund. Hydrogr. 2 Nr. 6.
1917. Bauer, L. A., Researches of the department of terrestrial magnetism, Carnegie Inst., Washington. Bd. 3. Ocean magnetic observations, 1905—1916 and reports on special researches. Washington.
Lehrbuch für den Unterricht in der Navigation an der Kaiserlichen Marineschule, hrsg. v. Reichs-Marine-Amt. Berlin.
Middeltemperatur, overfladevandets maanedlige, i Atlanterhavet noord for 50° N. Br. hrsg. v. Danske Met. Inst. Tillegshefte til Nautisk Met. Aarbog. Kjobenhavn.
Schott, C., Weltkarte zur Übersicht der Meeresströmungen und Schiffswege. Berlin. 5. Aufl.
1918. Riecke, E., Lehrbuch der Physik, hrsg. v. E. Lecher, Bd. 1. Leipzig. 6. Aufl.
Sandström, J. W., The hydrodynamics of Canadian Atlantic waters. Canadian Fisheries Expedition 1914/15. Ottawa.
1919. Shackleton, E., South. The story of Shackleton's last expedition 1914/17. London.
Waarnemingen, oceanographische en meteorologische, in den Atlantischen Oceaan. December, Januari, Februari (1870—1914). Tabellen. Atlas, hrsg. v. Kon. Ned. Met. Inst Veröff. 110. Utrecht.
1920. Brennecke, W., Shackletons Südpolar-Expedition 1914—1917. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 461.
Franz, A., Beiträge zur Ozeanographie und Klimatologie der deutsch-südwestafrikanischen Küste nach Beobachtungen von S. M. S. „Möwe". Aus d. Arch. d. Dtsch. Seew., Bd. 38, Nr. 1.
Janke, J., Strömungen und Oberflächentemperaturen im Golfe von Guinea. Aus d. Arch. d. Dtsch. Seew. Bd. 38. Nr. 6.
Wenger, R., Neue Grundlagen der Wettervorhersage. Met. Zeitschr. S. 241.
1921. Brennecke, W., Die ozeanographischen Arbeiten der Deutschen antarktischen Expedition 1911/12. Aus d. Arch. d. Dtsch. Seew. Bd. 39, Nr. 1.
Kuhlbrodt, E., Die erdmagnetische Vermessung der Weltmeere. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Met. S. 19.
Nansen, F., Spitzbergen. Leipzig.
1922. Böhnecke, G., Salzgehalt und Strömungen der Nordsee, Veröff. d. Inst. f. Meereskunde, N. F. Reihe A, Heft 10.
Kloster, W., Bewölkungs-, Niederschlags- und Gewitterverhältnisse der westindischen Gewässer und der angrenzenden Landmassen. Aus d. Arch. d. Dtsch. Seew. Bd. 40, Nr. 1.
Merz, A. und G. Wüst, Die atlantische Vertikalzirkulation. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin, 1.
Zunahme des Schiffswiderstandes, Die, infolge des Bewachsens des Bodens. Schiffbau. S. 890.
1923. Michaelis, G., Die Wasserbewegung an der Oberfläche des Indischen Ozeans im Januar und Juli. Veröff. d. Inst. f. Meereskunde, N. F., Reihe A, Heft 8.

Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68—71.

GC
271
M4
Meyer, Hans H F
Die oberflächenströmungen des
Atlantischen ozeans

ATLANTISCHER OZEAN
Wasserbewegung an der Oberfläche im Februar.

Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde. Reihe A. Heft 11.

Winkeltreue azimutale Aequatorprojektion.
(stereographische Projektion)
Hauptpunkt auf dem Aequator in 30° W
Maßstab 1:30 000 000.
Entworfen und gezeichnet
von
Hans H.F. Meyer.

ZEICHEN-ERKLÄRUNG.

1. Die Pfeilfieder bezeichnen die mittlere geometrische Geschwindigkeit.

Sm p. Etm.	cm p. sec.
0- 4,9	0- 10
5- 9,9	11- 20
10-14,9	21- 30
15-19,9	31- 40
20-29,9	41- 60
30-39,9	61- 85
40-49,9	86-105
50-59,9	106-125

2. Die Breite der Schäfte bezeichnet die Beständigkeit.

0-24 %
25-49 %
50-74 %
75-100 %

3. Die Aussparungen im Schaft bezeichnen die Menge des Materials.

Kombination auf Grund vereinzelter Beobachtungen.

1-4
5-9
10 und mehr
} Beobachtungen im Eingradfeld.

Darstellung aus fremden Karten entlehnt und auf die Stromrichtung beschränkt.

Abgeschlossen am 1.10.1922.

Photolith. d. geogr. lith. Anst. u. Steindr. v. L. Keller, Berlin S.

UTL AT DOWNSVIEW
D RANGE BAY SHLF POS ITEM C
39 13 03 18 12 015 1